

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE NEGÓCIOS
PPGCOOP - PROGRAMA DE MESTRADO EM COOPERATIVAS

JOÃO GABRIEL DA SILVA

**MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES: COMPARATIVO DE
CENÁRIOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DO PARANÁ**

CURITIBA

2023

JOÃO GABRIEL DA SILVA

**MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES: COMPARATIVO DE
CENÁRIOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Gestão de Cooperativas, Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alex Antônio Ferraresi.
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Candeo Fontanini.

CURITIBA

2023

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Edilene de Oliveira dos Santos CRB-9/1636

Silva, João Gabriel da
S586m Modelos de localização de instalações : comparativo de cenários em uma
2023 cooperativa agroindustrial do Paraná / João Gabriel da Silva ; orientador: Alex
Antônio Ferraresi ; coorientador: Carlos Augusto Candeo Fontanini.
-- 2023
117 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2023.
Bibliografia: p. 104-116

1. Cooperativas - Administração. 2. Cooperativas – Localização. 3. Logística
empresarial. 4. Agropecuária. 5. Canais de distribuição. 6. Modelos matemáticos.
I. Ferraresi, Alex Antônio. II. Fontanini, Carlos Augusto Candeo.
III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em
Gestão de Cooperativas. IV. Título

CDD. 20. ed. – 658.047

TERMO DE APROVAÇÃO

MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES: COMPARATIVO DE CENÁRIOS NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE UM NOVO CENTRO LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL DO PARANÁ

Por

João Gabriel da Silva

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão de Cooperativas e Organizações Complexas e Plurais, área de concentração em Gestão de Cooperativas, da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

ALEX ANTONIO
FERRARESI:02649396890

Assinado de forma digital por ALEX
ANTONIO FERRARESI:02649396890
Dados: 2023.05.05 11:49:23 -03'00'

Prof. Dr. Alex Antonio Ferraresi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Cooperativas e
Organizações Complexas e Plurais

ALEX ANTONIO
FERRARESI:02649396890

Assinado de forma digital por ALEX
ANTONIO FERRARESI:02649396890
Dados: 2023.05.05 11:49:23 -03'00'

Prof. Dr. Alex Antonio Ferraresi
Orientador



Prof. Dr. Carlos Augusto Candeo Fontanini
Coorientador



Prof. Dr. Vilmar Rodrigues Moreira
Examinador

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE ROBERTO FREGA
Data: 27/04/2023 17:55:39 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. José Roberto Frega
Examinador

Dedico este trabalho a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que o sonho do mestrado fosse concretizado, em especial à minha mãe, Ana Pitner da Silva.

AGRADECIMENTOS

Somos o resultado do que vivemos. Ao longo desses 32 anos tive a grata satisfação de conviver com pessoas fantásticas. Desde o berço com uma família incrível, amigos inseparáveis, professores esplêndidos, gestores e colegas de trabalho maravilhosos.

Registro minha gratidão ao Professor Carlos Fontanini, que ajudou desde o início a transformar as ideias abstratas de um gestor de logística em um projeto de mestrado, mesmo não sendo exatamente um objeto de estudo de seu cotidiano.

Agradeço ainda ao Professor Alex Ferraresi e aos demais professores pela trajetória desde as disciplinas até a entrega deste trabalho final, aos colegas mestrandos, à Cooperativa estudada, por não medir esforços em incentivar, proporcionar flexibilidade no trabalho enquanto atuei profissionalmente e também em relação às informações requeridas mesmo quando não fazia mais parte do quadro de colaboradores, aos entrevistados e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este projeto fosse uma realidade. Ezequiel Scopel, minha gratidão pelo aceite do desafio em sermos mestres, chegamos lá!

À família, alicerce e porto seguro para todas as horas. Esse título é nosso.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo identificar o local para a instalação de um centro de distribuição com vistas a minimizar os custos de transporte e investimentos no cenário de uma cooperativa agroindustrial no estado do Paraná a partir de simulações dos três modelos de localização de Centros de Distribuição mais citados pela literatura. Breve contexto: Otimizar recursos é uma das estratégias para potencializar resultados nos empreendimentos e no contexto do cooperativismo o cenário é semelhante: melhor gerir recursos de modo a resultar em menor custo e maximizar as sobras que no momento oportuno será distribuída aos cooperados. Em logística, o custo de transporte é o mais representativo, motivo pelo qual grande parte do trabalho se dedica a minimizá-lo. Método: O levantamento bibliográfico na base Web of Science e o processamento no bibliometrix identificam os principais modelos para definição de instalações logísticas, os quais são aplicados resultando em 25 simulações entre os modelos de p-centros, p-medianas e modelo gravitacional. Cada simulação adota um conjunto de particularidades, resultando em um custo total (transporte + investimento + custos fixos), identificando quais cidades seriam mais estratégicas para a cooperativa estudada investir seu capital visando atender à demanda de defensivos químicos em notório crescimento. Fundamentação teórica: o mote básico de logística é apresentado sobretudo por Ballou (2011) e Bowersox *et al.* (2014). Focado nos modelos de localização de distribuição o presente trabalho se desenvolveu sob a luz de Daskin (2008), Tadaros (2022), Sebastian *et al.* (2022) e Klose & Drexler (2005). Outros autores também dão respaldo teórico ao trabalho. Resultado: no cenário discreto, preferencial frente ao modelo contínuo, o modelo de p-medianas apresenta a cidade candidata que resulta o menor custo total. O comparativo de custos identificados entre os modelos permite a reflexão sobre a importância do tema para os empreendimentos, além de atingir os objetivos planejados para o estudo. Implicações gerenciais: organizada de modo a identificar o local para a instalação de uma nova estrutura de distribuição com o menor custo de transporte e investimentos no contexto da cooperativa estudada, a presente pesquisa atinge seu objetivo maior identificando a localização ideal para a instalação da nova estrutura de distribuição. Tem-se um olhar ampliado para a seara dos métodos de localização com o objetivo maior de definição da melhor cidade frente aos requisitos e restrições estabelecidas. Operações logísticas são sempre desafiadas a operar com qualidade e no menor custo, sendo assim, as diversas abordagens devem considerar todas as oportunidades que visam atingir os objetivos para o negócio envolvido, afinal de contas, otimização de custos é uma prática essencial para as organizações, inclusive as cooperativas que precisam operar de modo enxuto para maximizar as sobras ou lucro nas empresas tradicionais.

Palavras-chave: Modelos de Localização de Instalações, Redes de Distribuição, Modelos de Localização, P-medianas, P-centro, gravitacional.

ABSTRACT

The objective of the work was to identify the location for the installation of a distribution center in order to minimize transport and investment costs in the scenario of an agroindustrial cooperative in the state of Paraná, based on simulations of the three models of location of Distribution Centers. cited by the literature. Brief context: Optimizing resources is one of the strategies to maximize results in enterprises and in the context of cooperativism, the scenario is similar: better manage resources in order to result in lower costs and maximize the leftovers that will be distributed to cooperative members at the right time. In logistics, the transport cost is the most representative, which is why a large part of the work is dedicated to minimizing it. Method: The bibliographic survey in the Web of Science database and the processing in the bibliometrix identify the main models for defining logistic facilities, which are applied resulting in 25 simulations between the p-centers, p-medians and gravitational model models. Each simulation adopts a set of particularities, resulting in a total cost (transport + investment + fixed costs), identifying which cities would be more strategic for the studied cooperative to invest its capital in order to meet the demand for chemical pesticides in notorious growth. Theoretical foundation: the basic motto of logistics is mainly presented by Ballou (2011) and Bowersox et al. (2014). Focused on distribution location models, this work was developed in the light of Daskin (2008), Tadaros (2022), Sebastian et al. (2022) and Klose & Drexler (2005). Other authors also give theoretical support to the work. Result: in the discrete scenario, preferred over the continuous model, the p-median model presents the candidate city that results in the lowest total cost. The comparison of costs identified between the models allows reflection on the importance of the theme for the enterprises, in addition to achieving the objectives planned for the study. Managerial implications: organized in order to identify the location for the installation of a new distribution structure with the lowest cost of transport and investments in the context of the studied cooperative, this research reaches its main objective by identifying the ideal location for the installation of the new structure of distribution. There is an expanded look at the field of location methods with the greater objective of defining the best city in view of the established requirements and restrictions. Logistic operations are always challenged to operate with quality and at the lowest cost, therefore, the various approaches must consider all opportunities that aim to achieve the objectives for the business involved, after all, cost optimization is an essential practice for organizations, including cooperatives that need to operate lean to maximize leftovers or profit for regular companies.

Key-words: Facility Location Models, Distribution Network, Location Models, p-median, p-center, gravity model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do gerenciamento da cadeia de suprimentos	28
Figura 2 – Comportamento do custo de transporte por distância e volume	36
Figura 3 – <i>Trade-offs</i> relevantes de custos em função do número de instalações.	39
Figura 4 – Triângulo de decisões logísticas	41
Figura 5 – Rede logística.....	42
Figura 6 – Tipos de Rede de Distribuição.....	43
Figura 7 – Centro de distribuição na rede de suprimentos.....	44
Figura 8 – Taxonomia dos modelos de localização (traduzido).	51
Figura 9 – Arranjo dos modelos de localização discretos (traduzido)	52
Figura 10 – Fluxograma com etapas da revisão de literatura.....	71
Figura 11 – Evolução e publicações resultante da pesquisa.....	78
Figura 12 – Custo de transporte, comparativo entre métodos simulados.....	95
Figura 13 – Custo total para cada simulação realizada.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Números do cooperativismo por ramo de atividade.....	23
Tabela 2 – Sumário de contribuições ao conceito de logística	25
Tabela 3 – Relação entre objeto e custo	31
Tabela 4 – Principais custos logísticos e as suas definições	36
Tabela 5 – Níveis de planejamento	40
Tabela 6 – Critérios de definição de um Centro de Distribuição	47
Tabela 7 – Modelos estático-determinísticos	57
Tabela 8 – Publicações por país	78
Tabela 9 – Publicações resultantes da revisão sistemática.....	80
Tabela 10 – Publicações por modelo de localização.....	81
Tabela 11 – Cenários simulados	87
Tabela 12 – Cidades dos fornecedores.....	88
Tabela 13 – Resumo de custos de transporte simulação do cenário (Cenário 0)	89
Tabela 14 – Resumo de custos de transporte para as candidatas – P-Centro.....	89
Tabela 15 – Resumo de custos de transporte para as candidatas – P-Mediana.....	92
Tabela 16 – Resumo de custos de transporte para as candidatas do modelo gravitacional	93
Tabela 17 – Resumo de custos de transporte por simulação.....	95
Tabela 18 – Resumo de custos de totais por simulação	97
Tabela 19 – Resumo de custos de totais por simulação, ordenação crescente de custos	99

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADC	Ação Declaratória de Constitucionalidade
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CD	Centro de Distribuição
CF	Custos Fixos
CFB	Constituição da República Federativa do Brasil
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CV	Custos variáveis
DOU	Diário Oficial da União
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços
km	Quilômetro
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OCB	Organização das Cooperativas do Brasil
OCEPAR	Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná
PIB	Produto Interno Bruto
RNTRC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas
TI	Tecnologia da Informação
Ton	Tonelada
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SEAB	Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná
STIIC	Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
STF	Superior Tribunal Federal
STN	Sistema Tributário Nacional

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2.	DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE PESQUISA	17
1.3.	JUSTIFICATIVA DE PESQUISA	17
1.4.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1.	COOPERATIVISMO, COOPERATIVAS E EMPREENDIMENTOS COOPERATIVOS	21
2.1.1.	A cooperativa.....	22
2.2.	CONCEITOS DE LOGÍSTICA E <i>SUPPLY CHAIN MANAGEMENT</i>	24
2.3.	CUSTOS	29
2.3.1.	Custos diretos e indiretos	30
2.3.2.	Custos Fixos e Variáveis	31
2.3.3.	Custos em Logística	32
2.3.4.	Custos de Estoques.....	34
2.3.5.	Custos de Armazenagem	35
2.3.6.	Custos de Transportes	35
2.3.7.	Custo Total na Logística.....	37
2.4.	REDES DE DISTRIBUIÇÃO E CUSTOS CORRELATOS	39
2.5.	A LOCALIZAÇÃO E OS MÉTODOS PARA SUA DEFINIÇÃO	46
2.6.	PARTICULARIDADES DO TRANSPORTE DE DEFENSIVOS QUÍMICOS.....	48
2.7.	REVISÃO SISTEMÁTICA E OS MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS LOGÍSTICAS.....	50
2.7.1.	Objetivos	53
2.7.2.	Capacidade	53
2.7.3.	Dinamicidade.....	54
2.7.4.	Quantidade de Produto e Estágios	54
2.7.5.	Elasticidade da Demanda	55
2.7.6.	Certeza	55
2.8.	MODELOS	55
2.8.1.	Centdian e Medi-center	58
2.8.2.	Problema de Localização Indesejável	58

2.8.3.	Modelo Hierárquico	59
2.8.4.	Problemas de Localização de Competidores	59
2.8.5.	Problemas de Captura	59
2.8.6.	Problema de <i>Hub</i>.....	60
2.8.7.	Cobertura.....	60
2.8.8.	P-Dispersão	62
2.8.9.	P-Centros	63
2.8.10.	P-Medianas	65
3.	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	68
3.1.	DELINEAMENTO DE PESQUISA.....	68
3.2.	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DE COLETA DE DADOS.....	69
3.2.1.	Validação do Cenário.....	69
3.2.2.	Revisão Sistemática.....	70
3.2.3.	Simulações.....	72
3.2.4.	Variáveis	73
3.2.5.	Etapas da Pesquisa.....	74
3.3.	PRESSUPOSTOS DE PESQUISA.....	75
4.	DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	77
4.1.	ANÁLISE DE MÉTODOS MAIS CITADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA .	77
4.2.	ENTREVISTA DE PROFUNDIDADE.....	82
4.3.	RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES	85
4.3.1.	Simulações para Obtenção dos Custos de Transporte	85
4.3.2.	P-Centros	89
4.3.3.	P-Medianas	91
4.3.4.	Modelo Gravitacional	93
4.3.5.	Análise dos Custos Totais.....	96
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERÊNCIAS	105

ANEXOS

ANEXO A. Roteiro de entrevista	118
--------------------------------------	-----

1. INTRODUÇÃO

Todo empreendimento tem uma razão de existir, uma finalidade que justifica a sua necessidade de se posicionar frente aos seus diferentes públicos de interesse e alguns, por exemplo, visam o lucro para os acionistas, outros podem priorizar o impacto social, entre tantas outras possibilidades frente a cenários cada vez mais conectados, plurais e repletos de contrastes. O cooperativismo por sua vez é o mote que está por trás desta proposta de estudo, modelo que também tem objetivos específicos mais bem discutidos no decorrer da dissertação, contudo, de imediato, destaca-se a finalidade maior de otimizar a comercialização da produção de seus cooperados, muitas vezes beneficiando os produtos por eles produzidos. O cooperativismo no Brasil está presente em muitas regiões, inclusive com grande atuação e importância na economia em diferentes setores.

Segundo a Organização das Cooperativas do Brasil (OCB, 2021), em 2020 havia 5.314 cooperativas, divididas em sete ramos econômicos: agropecuário, consumo, crédito, infraestrutura, saúde, transporte e trabalho, promoção de bens e serviços. O conjunto de cooperativas mantém aproximadamente 15,5 milhões de cooperados, empregando quase meio milhão de pessoas.

O Paraná é um estado que abriga uma quantidade expressiva de cooperativas. Dados divulgados pela Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (OCEPAR, 2020) indicam que em 2019 totalizavam no Paraná 216 cooperativas, com quase 2,2 milhões de cooperados, empregando mais de 107 mil pessoas, com faturamento de 87,6 bilhões de reais e um resultado/lucro médio de 2,8% sobre o faturamento. O grande destaque está no segmento das cooperativas agropecuárias, totalizando 78% do faturamento do segmento no Estado.

Posicionado como o segundo maior produtor de grãos do país (IBGE, 2022), o estado do Paraná conta com produção bastante diversificada, no entanto há atenção especial para o cultivo da soja e do milho. A soja, por exemplo, é produzida em praticamente todas as regiões do Estado e em 2019 obteve uma produção de 16,451 milhões de toneladas, espalhadas em 5,43 milhões de hectares, com uma produtividade de 3.011 kg/ha (Paraná, 2022).

A Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB) divide o Estado em 22 núcleos regionais, entre eles, segundo o Caderno Regional Agropecuário (Paraná, 2022), tanto a soja quanto o milho assumem papéis fundamentais no Estado, mas a soja, por exemplo, está presente em todos os núcleos regionais e o milho em 19 deles. Além da soja em grãos, ressalta-se a diversificação produtiva, entre elas a criação de aves, suínos e bovinos, os quais se alimentam de rações à base de soja e milho, reforçando a importância dos grãos para a

economia do Estado. Bulhões (2007) comenta que justamente por incentivar indústrias secundárias, a soja tem avanço em relação a outras culturas (como o café e a cana-de-açúcar), com o maior número de consumidores finais em razão de maior gama de produtos originados a partir desses grãos.

Ressalta-se o desenvolvimento da produção agrícola com um incremento significativo, impulsionada principalmente pelo avanço da tecnologia empregada no campo. Gradualmente e de modo constante, novas tecnologias estão cada vez mais acessíveis, desenvolvendo novas práticas de cultivo e de novos insumos agrícolas. Antes da produção do grão propriamente dita, há uma série de questões a serem planejadas em relação às transações comerciais e operacionais para a obtenção dos insumos necessários para a viabilização do plantio, cultivo e colheita, seja na escolha e aquisição das sementes, maquinários, defensivos, fertilizantes, entre outros insumos inerentes à produção agrícola.

É justamente na operação da logística de distribuição dos insumos agrícolas que esta dissertação concentra esforços, identificando entre os modelos de localização qual resulta em menor custo no processo de implantação de um novo centro de distribuição para defensivos agrícolas (produtos químicos perigosos) de uma cooperativa agroindustrial paranaense. O recorte essencial para a análise é o processo que envolve o transporte de defensivos agrícolas (produtos químicos caracterizados como produtos perigosos), operação que abrange desde o recebimento dos produtos com origem do fornecedor até a sua entrega nos pontos de venda (lojas), passando pelo centro de distribuição. Nessas circunstâncias, a partir de uma revisão sistemática acerca dos modelos de localização de instalações, modelos são identificados, alguns selecionados e simulados, cujos respectivos resultados são discutidos de modo a identificar o modelo que melhor atende aos objetivos da cooperativa estudada.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Prevendo em seu planejamento estratégico o crescimento em faturamento no segmento de insumos agrícolas durante os próximos cinco anos, a cooperativa estudada assume que o aumento do volume distribuído e comercializado passa a exigir que estratégias sejam desenhadas de modo a viabilizar da melhor forma e no menor custo a operação logística desses produtos. O atual centro de distribuição existente na cooperativa já opera em capacidade máxima, fazendo-se necessária uma nova estrutura.

Frente ao cenário, com a demanda de redução de custos no transporte e do potencial crescimento, o presente estudo explora as possíveis alternativas, apresentando e discutindo

estratégias para definição de centros de distribuição, analisando respectivas viabilidades econômicas dentro das restrições exigidas pela cooperativa estudada, para assim conseguir encontrar onde seria a melhor localização sob a ótica dos recursos financeiros para a operação pesquisada.

Tem-se, portanto, o seguinte problema de pesquisa: qual a localização mais eficiente sob a ótica da otimização de custos de transporte e recursos para a instalação de um novo CD a partir da simulação de modelos de localização?

1.2. DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE PESQUISA

Com base no que foi apresentado, definiu-se como objetivo geral: identificar o local para a instalação de um centro de distribuição que minimize os custos de transporte e investimentos no cenário de uma cooperativa agroindustrial no estado do Paraná a partir da simulação de três modelos de localização de Centros de Distribuição mais citados pela literatura.

Como objetivos específicos, foram contemplados:

- a) Identificar quais modelos de localização de instalações têm maior quantidade de publicações em jornais internacionais a partir da análise bibliométrica na base *Web of Science*.
- b) Simular os três modelos mais citados no cenário da cooperativa estudada.
- c) Comparar os resultados simulados em cada modelo.
- d) Definir a localização que requer a menor quantidade de recursos financeiros para a operação de distribuição de defensivos agrícolas do cenário proposto.

1.3. JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

Tratando-se de uma temática com diversas publicações, a otimização de recursos é inerente ao universo da gestão de empresas. De fato, a abertura da economia e a presença cada vez maior de negócios em escala global fizeram com que o modelo de gerenciamento empresarial antes baseado na produtividade fosse transformado em uma nova proposta, com maior importância dada à competitividade (Taboada, 2002). Com efeito, tem-se a eficiência operacional como diferencial competitivo, no qual a logística tem papel de destaque.

Rodríguez *et al.* (2022) colocam que a logística é uma área que lida com materiais, pessoas e informações de modo a atingir as especificações de entrega no menor custo. Ballou (2010) caracteriza o transporte como elemento mais importante nos custos logísticos e, com

efeito, a Confederação Nacional da Transporte (CNT, 2016) divulgou que o custo logístico consome 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB), dos quais 6,8% são formados pelo custo de transporte, ou seja, 53,5% do custo de transporte são voltados para as operações de transporte. Tamanho a representatividade desse custo expõe a oportunidade de estudá-lo e reduzi-lo a ponto de tornar a operação mais eficiente e, por conseguinte, mais rentável do ponto de vista econômico.

De fato, a logística contempla atividades de qualquer empreendimento, inclusive das cooperativas. Franke (1973, p. 55) expõe ainda a questão da rentabilidade, assegurando a sobrevivência da cooperativa, a fim de manter sua capacidade de prestação de serviços aos associados. As cooperativas são apresentadas por Schneider (2012) como um empreendimento que deve ser pautado pela racionalidade econômica. O mesmo autor explica ainda que as cooperativas buscam resultados econômicos, devendo seguir critérios de crescimento de produtividade.

Corroborando a importância da questão do custo de transporte para as operações, Ramos (2015, p. 17) propõe que “a localização ideal de um centro de distribuição de qualquer segmento de negócio é justificada principalmente pela redução dos custos operacionais, envolvendo diretamente os custos de transporte”. Com efeito, tem-se Mishra *et al.* (2011) explicitando que a localização de um CD, entre outros fatores, também influencia nas tomadas de decisões em relação às questões de estoques e planejamento na perspectiva de *supply chain*.

Métodos para a definição de localização de Centros de Distribuições são identificados e contextualizados, definindo as respectivas variáveis que permitem verificar o que resulta em maior eficiência sob a luz da análise de custos fixos e variáveis, além da viabilidade financeira. As simulações dos modelos permitem comparar a respectiva eficiência de cada modelo e análise quantitativa do ponto de vista operacional e financeiro e os resultados obtidos são comparados com o modelo vigente na cooperativa estudada.

Sendo assim, diante desse cenário que quanto mais eficiente, menos recursos são despendidos, aumentando a viabilidade da operação, a pesquisa se faz essencial para otimizar recursos no processo de implantação de um novo Centro de Distribuição sob o viés de custos envolvidos. Mesmo considerando a importância social e política da cooperativa para a comunidade a que ela se insere, o foco do presente estudo está no custo total envolvido. Com isso, incentiva-se a adoção das melhores práticas em relação às operações logísticas de transportes, otimizando recursos que passam estar disponíveis para novos investimentos, seja na diversificação de negócios ou, ainda, na maior remuneração ao cooperado em forma de sobras no resultado líquido anual.

É justamente quando se trata do assunto resultado financeiro que essa dissertação se dedica a fim de desenvolver um trabalho voltado para a logística, área que despende recursos para que os processos de transporte e armazenagem ocorram. A excelência operacional, otimizando a utilização de recursos e agindo de forma eficiente, influencia diretamente o resultado da cooperativa, por isso justifica-se o desenvolvimento de estudos como ora se estabelece, não focando necessariamente em aspectos fundamentais do cooperativismo, mas que sejam fundamentais para que o cooperativismo ocorra em sua plenitude frente aos desafios já apresentados.

Em tempo, frente às propostas implementáveis do estudo e aos contextos semelhantes de cooperativas do mesmo segmento em relação ao negócio de insumos agrícolas, infere-se que o aqui proposto possa ser utilizado também em outros empreendimentos, possibilitando validar ou aprimorar modelos de distribuição logística.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Idealizada para que fosse compreendida por todos aqueles que se dispuseram para tal, independentemente do conhecimento prévio na área de logística, a presente dissertação foi estruturada em cinco seções distintas.

A primeira, já apresentada, focou na introdução da temática e contexto estudado, assim como problema de pesquisa, objetivos estabelecidos, justificativa de estudo e a estrutura adotada para desenvolvimento.

O referencial teórico é desenvolvido na segunda seção, de modo que os temas direta e indiretamente relacionados fossem abordados contribuindo para compreensão do trabalho. Nessa sessão são apresentados o cenário do cooperativismo e, sobretudo, conceitos de logística, desde sua definição até conceitos de *supply chain management*, custos, redes de distribuição, caracterização das particularidades em relação ao transporte de produtos perigosos. Ao encontro do mote principal da presente dissertação, ainda na segunda seção são discutidos conceitos relacionados aos modelos de localização de estruturas logísticas, assuntos resultantes da revisão sistemática desenvolvida.

A terceira seção dá ênfase aos aspectos metodológicos, explicitando os pressupostos e delineamento de pesquisa, procedimento e técnicas utilizadas. Todo o cenário considerado para o estudo é apresentado.

As atividades de pesquisa apresentadas na seção anterior, assim como as simulações e suas respectivas análises de resultados, é o que norteia a quarta seção da dissertação, discutindo

os pontos que chamaram a atenção durante o processo, seja durante as pesquisas em profundidade, na revisão sistemática ou nos assuntos decorrentes das simulações realizadas. Ainda na seção número quatro, os resultados são apresentados, de modo que um quadro é organizado, comparando os cenários considerados.

A quinta e última seção tem como foco o fechamento da pesquisa, objetivando apresentar as considerações acerca do trabalho desenvolvido. Tal seção traz ainda as limitações encontradas e propostas de pesquisas futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. COOPERATIVISMO, COOPERATIVAS E EMPREENDIMENTOS COOPERATIVOS

A compreensão do cooperativismo é facilitada quando há o entendimento de sua origem, razão pela qual essa etapa da dissertação faz uma breve viagem cronológica até os tempos da revolução industrial inglesa, ocorrida na segunda metade do século XVIII. Nesse período, destaca-se a grande transformação social, que acelerou o êxodo rural ao deslocar inúmeras pessoas para as cidades em busca de emprego nas fábricas que outrora passaram a se multiplicar. A ascensão industrial foi inversamente proporcional ao declínio do artesanato (Farias & Gil, 2013).

O modo de produção capitalista se desenvolve neste período, à medida que o processo produtivo passou por um considerável desenvolvimento acelerado com o advento e implementação da energia a vapor e, em seguida, pela eletricidade, de forma que a produção artesanal não fosse mais priorizada (Schneider, 1991).

Em contraposição ao capitalismo, Singer (2002) evoca o conceito de economia solidária, explicando que esta é um meio de democratização econômica e de libertação humana, posicionando-se como uma alternativa à denominada dimensão assalariada das relações de trabalho capitalista.

O cooperativismo é associado por sua vez também com os “socialistas utópicos”, termo trabalhado por Bottomore (1988, p. 341) de modo a dirigir-se à primeira fase do socialismo em si, não para às cooperativas diretamente. Segundo o mesmo autor, para os seguidores dessa corrente de pensamento, a cooperativa representava um caminho para o estabelecimento de uma nova ordem econômica e social.

Adotado como alternativa frente aos modelos econômicos preponderantes (capitalismo e socialismo), as cooperativas são apresentadas por Rojas Coria (1961) e Pinho (1962) como sociedades de pessoas organizadas a partir de “princípios dos pioneiros de *Rochdale*”¹, difundidos no fim do século XIX, com vistas a suprir seus membros de bens e serviços,

¹ Um grupo de aproximadamente 30 tecelões organizou uma associação em Rochdale, na Inglaterra, com o objetivo de viabilizar uma alternativa econômica diante do cenário que o proletário inglês passava, de modo a melhorar a situação econômica dessa classe. A constituição de uma cooperativa foi uma das alternativas encontradas (Pinho, 1960).

realizando determinados programas educativos e educacionais, indo além do objetivo de ordem econômica, o que influenciava o meio no qual se desenvolvem.

Os princípios em questão foram disseminados ao redor do mundo a partir de 1895, ano em que foi criada a Aliança Cooperativa Internacional (A.C.I.), órgão representativo mundial para o intercâmbio cultural, educativo e técnico entre as cooperativas dos diferentes países.

Dentre os princípios principais do cooperativismo, Pinho (1966) explica a adesão às premissas de:

- a) corrigir e modificar o meio econômico-social;
- b) prestar serviços;
- c) eliminar a concorrência;
- d) eliminar o assalariamento;
- e) eliminar o lucro abusivo;
- f) obter o preço justo;
- g) realizar a república cooperativa.

Os mesmos princípios nortearam a elaboração de suas normas operacionais, entre elas a livre adesão, a gestão democrática, o retorno pró-rata das operações, a taxa limitada de juros ao capital, a difusão da educação para o cooperativismo, a intercooperação, a neutralidade política e religiosa, as vendas em dinheiro e pelo preço justo, as transações entre os membros, o patrimônio da cooperativa coletivo e indivisível.

Em tempo, Silva (1992) estabelece um panorama em relação à adaptação do modelo cooperativo no decorrer do tempo, embora seu surgimento esteja relacionado com a reação frente à economia capitalista, modelo que foi se adaptando de forma a atender às exigências do capitalismo, mascarando as contradições das relações sociais de produção, que posicionam o associado/cooperado como explorado e explorador de forma simultânea.

2.1.1. A cooperativa

Para o presente estudo, adota-se a definição de cooperativa trazida no quarto artigo da Lei Federal nº 5.764/71 (Brasil, 1971), a qual estabelece que cooperativas são “[...] sociedades de pessoas, com forma e natureza jurídica próprias, de natureza civil, não sujeitas à falência, constituídas para prestar serviços aos associados”.

Farias e Gil (2013, p. 19) explicam que uma cooperativa:

[...] [é] uma sociedade de pessoas e não de capital que, embora tenha fins econômico-sociais, não tem o lucro como objetivo primordial. Dessa forma, uma cooperativa é uma organização que possui duplo caráter: a) Sociedade de pessoas – é formada por, no mínimo, 20 pessoas que se reúnem com base no associativismo e numa série de valores e princípios que iremos estudar adiante, com o intuito de alcançar objetivos que são comuns a todo o grupo. b) Empresa – é também uma organização empresarial, sem fins lucrativos, embora tenha fins econômicos e sociais. (Farias & Gil, 2013, p. 19)

Com efeito, completando o raciocínio, as autoras estabelecem que o objetivo principal de uma cooperativa “é melhorar a situação econômica de seus membros. No entanto ela também tem objetivos sociais e culturais”. No Brasil, segundo a OCB (2021), em 2020 havia 5.314 cooperativas, divididas em sete ramos: agropecuário, consumo, crédito, infraestrutura, saúde, transporte e trabalho, promoção de bens e serviços. O conjunto de cooperativas mantém 15,5 milhões de cooperados, empregando quase meio milhão de pessoas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Números do cooperativismo por ramo de atividade

Ramo	Cooperativas	Cooperados	Empregados
Agropecuário	1.223	992.111	207.201
Consumo	263	2.025.545	14.841
Crédito	827	10.786.317	71.740
Infraestrutura	265	1.138.786	7.315
Saúde	783	275.915	108.189
Trabalho, produção de bens e serviços	860	221.134	9.759
Transportes	1.93	99.568	8.531
TOTAL	5.314	15.539.376	427.576

Fonte: Anuário do Cooperativismo Brasileiro 2020 (OCB, 2020, p. 20).

Não obstante, o cooperativismo é expressivo no território paranaense e dados da Ocepar (2020) mostram que em 2019 totalizavam, no Paraná, 216 cooperativas, com quase 2,2 milhões de cooperados, empregando mais de 107 mil pessoas, faturando 87,6 bilhões de reais, com um resultado médio de 2,8%. O grande destaque está no segmento das cooperativas agropecuárias, totalizando 78% do faturamento do segmento no Estado (72,6 dos 93 bilhões de reais em 2019). Lauermann, Moreira e Souza (2017, p. 62) registram ainda que “as sociedades cooperativas agropecuárias e agroindustriais apresentam grande importância econômica e social no Estado do Paraná e concorrem com outras grandes empresas do agronegócio”.

Ainda se referindo ao agronegócio e à essencialidade das cooperativas para sua evolução, Sanches, Moreira & Fontanini (2020) explicam que elas fornecem condições de assistência técnica, trocas de insumos por *commodities*, desenvolvimento de mercado e de gestão, e ainda o desenvolvimento da sociedade onde está inserida.

Todo empreendimento cooperativo tem função social e financeira para com seus associados por meio do beneficiamento de seus produtos e divisão de sobras, para com a sociedade e governo, para com seus colaboradores e diante de tantas responsabilidades a ela confiadas, a cooperativa precisa ser rentável para que suas sobras consigam financiar todas essas atividades. É justamente quando se trata do assunto resultado financeiro que essa dissertação se dedica desenvolvendo um trabalho voltado para a logística, área que despende recursos para que os processos de transporte e armazenagem ocorram e os produtos muito em breve passem de estoques para ativos recebíveis.

A excelência operacional, otimizando a utilização de recursos e agindo de forma eficiente, influencia diretamente no resultado financeiro da cooperativa, por isso justifica-se o desenvolvimento de estudos como ora se estabelece, não focando necessariamente em aspectos fundamentais do cooperativismo, mas que se colocam como essenciais para que o cooperativismo ocorra em sua plenitude frente aos desafios inerentes desse tipo de empreendimento.

2.2. CONCEITOS DE LOGÍSTICA E *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*

O *Council of Logistics Management Professionals* (2023), entidade de profissionais de logística, define logística como parte do *supply chain* responsável pelo planejamento e pela implantação, controle de fluxo e armazenagem economicamente eficientes de recursos, desde matérias-primas a produtos acabados, da aquisição do insumo (origem) até o local de consumo final, com foco no atendimento das necessidades dos clientes.

De modo semelhante, Bowersox & Closs (1996) apresentam a logística como o processo de gerir estrategicamente a aquisição, movimentação e estocagem de materiais, parte de produtos acabados (com os correspondentes fluxos de informações) com a organização e dos seus canais de marketing, para satisfazer as ordens da maneira mais efetiva em custos.

Ballou (2007) define logística como um processo que permeia as atividades para disponibilização de bens e serviços aos respectivos consumidores no momento e no local que desejam. A importância da logística também é ressaltada por Ballou (2011):

É um fato econômico que tanto os recursos quanto seus consumidores estão espalhados numa ampla área geográfica. Além disso, os consumidores não residem, se é que alguma vez o fizeram, próximo donde os bens ou produtos estão localizados. Este é o problema enfrentado pela logística: diminuir o hiato entre a produção e a demanda, de modo que os consumidores tenham bens e serviços quando e onde quiserem, e na condição física que desejarem. (Ballou, 2011, p. 17).

Ao encontro da proposta de Ballou (2011), Silva (2020, p. 15) explica que “[...] o competitivo cenário econômico do mercado, a busca por estratégias que promovam a redução de custos e aumento da qualidade tem sido uma preocupação incessante de todos os gestores”. Hara (2010) descreve que a logística, por sua vez, tem papel relevante na eficácia de processos, referindo-se não somente ao sistema de distribuição física, mas com papel estratégico com a finalidade de reduzir os custos, estabelecendo relações entre distribuição, demanda, estoques e sistemas de informação.

A Tabela 2 apresenta algumas definições de logística respaldadas por diversos autores, convergindo de forma direta e indireta no envolvimento da logística em diversos processos estratégicos que passam desde o planejamento da produção em si, o processamento até a distribuição de produtos sob o viés da otimização de recursos sobre toda a cadeia produtiva.

Tabela 2 – Sumário de contribuições ao conceito de logística

Autor	Definição da Logística
American Marketing Association (1948)	Movimento e manutenção de mercadorias do ponto de produção até o ponto de venda
National Council of Physical Distribution Management (1962)	Movimento desde os fornecedores, passando pela cadeia produtiva e em direção aos consumidores. Atividades de transporte, estocagem, previsão de vendas, escolha e localização das fábricas e entrepostos
John F. Magee (1968)	Gestão do fluxo
C. A. Stone (1968)	Determinação das necessidades, suprimento, distribuição e manutenção
J. L. Heskett, N. A., R. M. Ivie et Glaskowsky Jr. (1973)	Tornar disponível as mercadorias em um lugar e tempo determinados
James L. Heskett (1977)	Atividades que coordenam o fluxo dos produtos. Nível de serviço a custo mínimo
Council of Logistics Management - 1986 Lambert & Stock (1993)	Planejamento, implementação e controle dos fluxos físicos de informação e da estocagem, para satisfazer as especificações dos clientes
David CENTROS. Taylor (1997)	
A. Rushton et J. Oxley (1993)	Fluxos físicos e de informação
John L. Gattorna (1994)	Processo de gestão estratégica que utiliza o marketing para satisfazer os pedidos com o menor custo
J. Cooper, M. Browne et M. Peters (1994)	Logística do suprimento, logística da produção e logística da distribuição
J.C. Johnson et D. F. Wood (1996)	Processo inteiro de movimentação dos materiais que entram, passam e saem da empresa
IMAM - São Paulo (1996)	Integração, coordenação e controle da movimentação dos materiais, estocagem dos produtos finais e informações
D.J. Bowersox et D. J. Closs (1996)	Sistema de controle dos fluxos físicos para suportar a estratégia das “unidades de negócios”
Tixier, Mathe et Colin (1996)	Garantia de menores custos, coordenação entre a oferta e a demanda nos planos estratégico e tático
Martin Christopher (1997)	Gestão estratégica do fluxo de informação, de suprimento e a estocagem dos materiais e produtos acabados
Ronald CENTROS. Ballou (1999)	Missão de disponibilizar o produto certo, no lugar certo e na hora certa dentro das especificações determinadas

Council of Logistics Management
(2000)

Parte da cadeia de suprimento que realiza a movimentação e o armazenamento dos produtos

Fonte: Nunes (2001).

Logística é uma realidade e sempre esteve relacionada com a humanidade, ganhando grande importância na era industrial ao relacionar-se diretamente no contexto do gerenciamento de operações (Mondêgo, 2017, p. 5). Contribuindo com a proposta, “[...] nas épocas mais antigas da história documentada, as mercadorias mais necessárias não eram feitas perto dos lugares nos quais eram mais consumidas, nem estavam disponíveis nas épocas de maior procura” (Ballou, 2010, p. 25).

Sobre o período exposto por Ballou (2010), ainda em relação às épocas antigas, o consumo de produtos se dava próximo do local de produção, ou ainda, as pessoas levavam para outro local para armazenagem e posterior consumo. A limitação desse processo era considerável, ainda mais quando os produtos eram perecíveis. Mondêgo (2017) explica que “[...] todo esse limitado sistema de transporte vs. armazenagem forçava as pessoas a viver perto das fontes de produção” (Mondêgo, 2017, p. 6).

Por outro lado, sob o viés do desenvolvimento da logística em si, Novaes (2004) explica que a logística está intimamente relacionada às operações militares, dada a necessidade, inerente sob essas circunstâncias, do deslocamento de insumos médicos, bélicos e demais recursos no momento certo para o consumo. Inicialmente englobava apenas a área de transporte e armazenagem, mas após a segunda grande guerra a logística passou por grande evolução. Ao encontro do proposto, Ballou (2011) explica que o grande vulto das atividades logísticas militares da Segunda Guerra Mundial exerceu influência na formulação de muitos conceitos logísticos empresariais no período. Por volta de 1945, algumas empresas já haviam posto transporte e armazenagem de produtos acabados sob uma única gestão, integrando-as.

Taylor (2009), por sua vez, estabelece uma ponte entre a logística militar e a empresarial.

[...] logística empresarial é essencialmente uma ramificação da logística militar. Então, cabe-nos a olhar para o lado militar da logística primeiro. A guerra não é apenas sobre táticas e estratégias. [...] é muitas vezes uma questão de logística. (Taylor, 2009, p. 1-3).

Faria & Costa (2011) explicam que o estudo da logística passou a considerar com maior ênfase os custos a partir da década de 1960, quando o conceito de balanceamento de custos ficou mais presente no dia a dia das empresas.

O conceito de balanceamento de custos logísticos, especificamente, entre os custos de transporte e armazenagem/movimentação levou à percepção de que existe uma estreita inter-relação entre todos os custos. (Faria & Costa, 2011, p. 18).

Ao encontro das propostas apresentadas, Ballou (2011, p. 17) explica que a logística empresarial “[...] estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controles efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam a facilitar o fluxo de produtos”. Infere-se, portanto, frente à exposição dos autores ora citados, que a logística tem a oportunidade de otimizar recursos e permitir a redução de custos, contribuindo para os negócios como um todo.

Descrevendo o desenvolvimento da logística, Ballou (2011) identifica ainda quatro condições fundamentais, que são: alterações nos padrões e atitudes da demanda dos consumidores, pressão pela redução de custos nas indústrias, avanços na tecnologia da informação e influências da logística militar. Em raciocínio semelhante, Mõndego (2017) explica que as empresas buscam sair do modelo tradicional de gestão quando a ênfase está na produtividade em prol de uma proposta que se fundamenta mais na competitividade.

Schlüter (2009, p. 39) complementa que já nos anos 1990 há o processo de desenvolvimento de conceitos e métodos de forma a assumir papel fundamental nas organizações frente a esse contexto de competitividade, construindo um sistema composto por várias áreas. Dentre os segmentos agregados à logística, tem-se a gestão dos transportes, estoques, sejam eles de produtos acabados ou de matérias-primas, exigindo a adaptação das organizações.

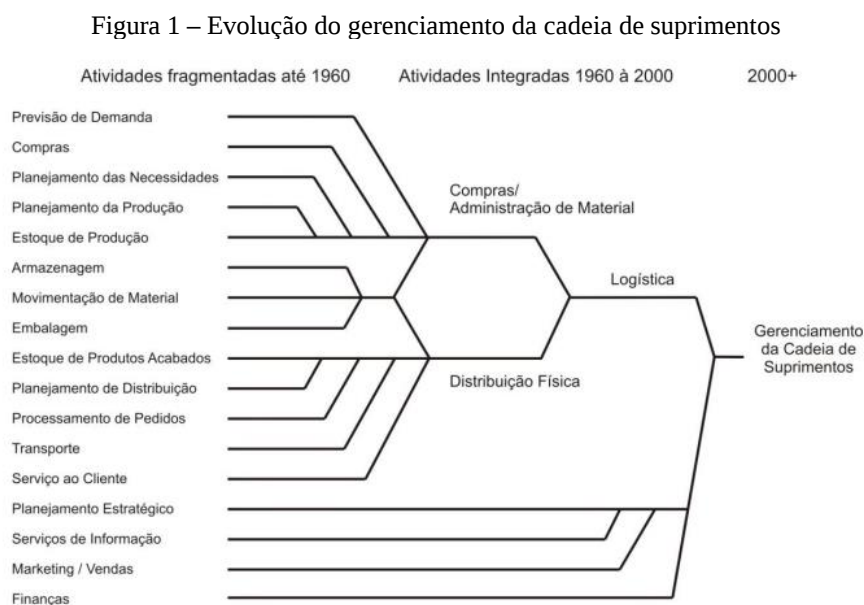
É justamente nessa integração de setores/departamentos que o contexto de *Supply Chain Management* (Gestão da Cadeia de Suprimentos) é inserido. Lambert, Cooper & Pagh (1998, p. 1) estabelecem que a Gestão de Cadeia de Suprimentos pode ser definida como a “Integração de processos chave do negócio por meio dos fornecedores para prover produtos, serviços e informações que adicionam valor para os clientes e demais partes interessadas (*stakeholders*)”.

Ao encontro do apresentado, Lambert *et al.* (1998) explicam que o conceito de *Supply Chain Management* (SCM) era visto sem distinção da logística em si. O SCM era visto como sendo a logística fora da empresa, que envolvia fornecedores e clientes, contrapondo-se à definição de logística estabelecida em 1986 pelo *Council of Logistics Management*, contemplando a “do ponto de origem até o ponto de consumo”. Já em 1998, o mesmo Conselho

delimitou as definições de logística, tornando-a explicitamente como parte da gestão da cadeia de suprimentos.

Ainda sobre a distinção dos conceitos de logística e SCM, Ballou (2007) definiu que o SCM engloba o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades de gestão logística, incluindo a coordenação com parceiros, entre eles os fornecedores, intermediários e consumidores, gerenciando, inclusive, a demanda e a oferta dentro e fora das empresas. Cabe à logística, de acordo com Ballou (2007), o gerenciamento do transporte, estoques entrepostos e processamento de pedidos que estão sob a égide da logística.

Ballou (2007) explana ainda que o SCM é visto, sobretudo, como gerenciador do fluxo de produtos entre empresas, enquanto a logística detém-se apenas aos processos internos de uma organização. A Figura 1 ilustra a divisão proposta pelo autor.



Fonte: Ballou (2007, p.30).

Bowersox *et al.* (2014), por sua vez, propõem que a gestão da cadeia de suprimentos com a cooperação entre empresas estimula o elo estratégico das organizações, exercendo impacto, inclusive, na eficiência operacional. Corroborando a proposição do papel estratégico do SCM, Brito & Berardi (2010) sugerem que o gerenciamento da cadeia de suprimentos pode ser considerado uma combinação que busca melhorar processos e a gestão da informação, de modo a agregar valor ao cliente e agentes de toda cadeia, dada a importância de todos os entes envolvidos nos processos, desde aquisição de insumos e entrega do produto ao cliente final.

Já de forma mais recente, Qin & Liu (2022, p. 1) convergem para os demais autores e explicam que “[...] uma típica cadeia de suprimentos inclui múltiplos estágios, contemplando desde fornecedores, fabricantes, distribuidores, vendedores e também os consumidores”.

Registrada a discussão acerca de logística e *Supply Chain Management*, a fim de nivelar o conhecimento sobre o tema, o presente trabalho visa focar em alguns temas inerentes às operações, tais como rede logística e métodos para definição de localização de centros de distribuição e, posteriormente, discutir conceitos relacionados a custos e ao entendimento dele nas atividades da logística.

2.3. CUSTOS

O assunto custo tem ligação direta com a contabilidade em si e Leone & Leone (2010, p. 6) explicam que há uma área definida como “contabilidade de custo” tratando-se do ramo da ciência contábil que se destina a fornecer informações para os gestores das organizações de modo a contribuir para a tomada de decisões. Martins & Laugeni (2009, p. 22), por sua vez, completam que a contabilidade de custos surgiu da contabilidade financeira, com a qual, inclusive, mantém-se relação direta, e também com a contabilidade gerencial e orçamentária.

Marion (2006, p. 23) explica a contabilidade para uso gerencial:

A Contabilidade é o grande instrumento que auxilia a administração a tomar decisões. Na verdade, ela coleta todos os dados econômicos, mensurando-os monetariamente, registrando-os e resumindo-os em forma de relatórios ou de comunicados, que contribuem sobremaneira para a tomada de decisões (Marion, 2006, p. 23).

Padoveze (2013) evidencia as diferenças entre os termos custos, gastos e despesas, comumente confundidos, porém com diferenças técnicas bem definidas no âmbito da contabilidade. De um lado tem-se o conceito de gasto, definido como todo dispêndio financeiro, presente ou futuro, fruto da aquisição de um bem ou serviço.

A definição de custos é colocada por Padoveze (2013) como todos os recursos consumidos especificamente na produção de bens ou serviços da empresa, tanto relacionados a pessoal quanto à matéria-prima em si. Martins (2010, p.10) explica que o “[...] custo é também um gasto, só que reconhecido como tal, isto é, como custo, no momento da utilização dos fatores de produção, para a fabricação de um produto ou execução de um serviço”. Em outras palavras, o custo representa a quantia monetária que será despendida para a obtenção do produto/serviço final, ou seja, diretamente relacionada ao processo produtivo.

Há, contudo, uma associação direta do custo à produção de outros bens ou serviços em dado período. Martins & Rocha (2010) explicam, por sua vez, que o custo é diferente de uma despesa, pois esta gera desembolso de ativo ou de uma obrigação com terceiros, registrada diretamente como uma conta redutora do patrimônio líquido.

Martins & Rocha (2010) colocam que a despesa, embora seja um gasto, não está relacionada com a atividade/produto-fim, a exemplo das despesas operacionais, administrativas e comerciais. “Despesa é a expressão monetária do consumo ou da utilização de bens ou serviços no processo de administração geral da organização e da transferência de produtos, mercadorias e serviços aos clientes, no processo de geração de receita (Martins & Rocha, 2010, p. 17).

Compreendido que o termo custo refere-se àqueles gastos estritamente relacionados ao produto/serviço final, o termo será mais bem desenvolvido, incluindo suas classificações.

2.3.1. Custos diretos e indiretos

Na contabilidade, os custos podem ser classificados de diferentes formas. Quanto ao modo de distribuição e apropriação dos produtos, os custos podem ser classificados como diretos e indiretos. Bornia (2010) coloca que a classificação pelo grau de facilidade de alocação tem importância para a tomada de decisões, pois se separam os custos entre diretos e indiretos, de acordo com a relação do produto ou do processo produtivo.

Os custos definidos como diretos são apresentados por Horngren, Datar e Foster (2004) como aqueles que podem ser diretamente apropriados ao produto e podem ser identificáveis e mensuráveis em relação a cada unidade de custo de maneira precisa. Atkinson *et al.* (2000, p. 127) contribuem com um pensamento semelhante quando colocam que os custos diretos podem ser identificados diretamente ao produto, a exemplo das matérias-primas e mão de obra direta. Eles são transferidos diretamente aos produtos baseados na quantidade mensurada de recursos consumidos para sua produção. Custos que fogem à lógica proposta são classificados como indiretos de produção e são incorridos para fornecer os recursos necessários para realizar diversas atividades que dão apoio à produção de diversos produtos (custos de apoio à produção).

Os custos indiretos, por sua vez, não são facilmente mensuráveis em relação ao objeto de custo particular e geralmente são distribuídos por estimativas, arbitrárias, mediando um critério estabelecido para tal absorção (Martins & Rocha, 2010).

2.3.2. Custos Fixos e Variáveis

A classificação de custo em relação ao seu comportamento define-o como custo fixo ou variável, o que permite, segundo Clemente & Souza (2011), analisar e prever o volume de recursos necessários em um dado período.

Martins (2006) explica a divisão entre custos em fixos e variáveis considerando a unidade de tempo, o valor total dos custos de um produto ou serviço e o volume de atividade. O custo variável, como o próprio nome sugere, sofre variação no decorrer do tempo, ou seja, é alterado proporcionalmente ao nível de atividade ou volume total. Iudícibus (1995) explica que a variação do custo se dá na mesma proporção em que o volume produzido é alterado. O autor explica ainda que até os custos variáveis, embora fixos sob o viés unitário, sofrem com a economia de escala, ineficiências e eficiências. Um exemplo clássico de custo variável é a embalagem do produto. Unitariamente ela possui custo fixo, porém se a produção é maior, o custo total também tende a ser maior, no entanto a economia da escala (maior produção) pode fazer com que o custo unitário de cada embalagem seja menor.

Compreendidos os custos variáveis, de maneira oposta, os custos fixos são definidos por Iudícibus (1995) como aqueles que se mantêm inalterados, dentro de um limite aceitável, independentemente da variação de venda. Leone & Leone (2010) colocam que por não variar proporcionalmente ao volume de produção, os custos fixos acabam por onerar a empresa. Em outras palavras, os autores colocam que o custo fixo pode ser assimilado ao custo de estrutura básica para as atividades da organização.

Exemplificando os custos fixos, Martins (2010) explica que o aluguel de uma fábrica é fixo (salvo sob reajustes estabelecidos por contrato) e que ele independe do montante produzido. Nesse sentido, quanto maior a produção, menor será o custo fixo por unidade de produto. A Tabela 3 ilustra alguns custos com suas respectivas classificações.

Tabela 3 – Relação entre com objeto e custo

Relação com o objeto de custo			
Padrão de comportamento dos custos			
	Custos diretos		Custos indiretos
			- Custo de energia elétrica (quando não produtora da própria energia)
			- Materiais indiretos
			- Parte da mão de obra indireta
			- Parte dos outros custos indiretos.
	Custos variáveis	- Materiais diretos - Mão de obra direta (maioria)	

Custos fixos	- Mão de obra indireta (salário do supervisor da produção). - Mão de obra direta (quando a função está atrelada a operação de máquinas)	-Depreciações - Custos de administração - Parte de custos indiretos
--------------	--	---

Fonte: Horngren, Datar & Rajan (2012, p. 34). (Adaptado).

Em tempo, Martins (2010, p. 55) explica que os custos podem ser categorizados entre fixos ou variáveis e diretos ou indiretos ao mesmo tempo. Com efeito, tem-se a matéria-prima como um custo direto e variável. Os materiais de consumo, de maneira análoga, são tidos na maioria das vezes como custos indiretos e variáveis. Os seguros e aluguéis são fixos e indiretos, e assim por diante. Martins (2010) explica que os custos diretos, em sua maioria, são variáveis, no entanto os custos considerados indiretos podem assumir que são fixos ou variáveis (embora seja mais comum a primeira opção apresentada).

Não se tem por objetivo definir métodos de custeio e naturalmente esse assunto poderia ser discutido, mas isso foge do escopo dessa pesquisa. O assunto custo fora retratado com o intuito de respaldo teórico para os assuntos trazidos a seguir.

2.3.3. Custos em Logística

A gestão de custos é um tema que está presente no cotidiano das organizações. Nessa linha de raciocínio, de acordo com Mangal & Gupta (2015), a maioria das organizações almejam que sua logística também seja rentável, ou seja, custos e lucros andem justos de modo controlado frente às possíveis oscilações de mercado (Mangal & Gupta, 2015). Com efeito, os custos em logística têm papel importante, dado que o gerenciamento deles é chave fundamental para estabelecer uma vantagem competitiva (Whickerer *et al.*, 2009).

Quando o assunto é o custo da logística, Voordijk (2010) esclarece que este engloba desde o gerenciamento e a armazenagem de estoques, até os custos da distribuição física de produtos. Corroborando o raciocínio, tem-se os custos de logística como resultado do processo que se inicia na aquisição da matéria-prima e contempla todos os processos até a entrega dos produtos aos respectivos clientes finais (Rybakov, 2017). Contrapondo a ideia apresentada, Havenga (2010), por sua vez, afirma que os custos em logística contemplam apenas aqueles relacionados ao transporte, à armazenagem e à gestão da operação em si.

Outros autores discutem o tema dos custos logísticos e Weiyi & Lumming (2009), por exemplo, dialogam na mesma linha de Voordijk (2010), incluindo o custo de compra, expedição, oportunidade e falhas operacionais.

Tem-se a visão de Manzouri *et al.* (2014) como norteadora deste trabalho, aceitando que a chave do sucesso e permanecer competitivo no mercado é a redução do custo total ao menor possível e simultaneamente eliminar os desperdícios em todos os âmbitos das organizações. De forma similar, relacionando a logística com os custos, tem-se Qin & Liu (2022) que defendem que a visão sistêmica e analítica de todas as atividades que estão envolvidas é importante no processo de identificação de problemas com o intuito de garantir uma coordenação eficaz integrada da logística e capaz de redução de custo, contribuindo para o aumento de rentabilidade da operação.

Ao encontro do que fora discutido, sinalizando para o cenário brasileiro, Mondêgo (2017) posiciona-se que “[...] saber administrar os componentes que formam os custos logísticos é essencial para a manutenção do crescimento econômico nacional e essa gestão deve ser feita por intermédio de um planejamento adequado”. A publicação *Custos Logísticos no Brasil*, de Ilos (2017), aponta que os custos relacionados à logística correspondem a 12,3% do Produto Interno Bruto brasileiro. No âmbito das empresas, esses gastos representam em média 7,6% em relação à receita líquida, considerando custos como armazenagem, transportes e estoque. De acordo com a publicação, o percentual ainda pode oscilar até 30% da média apresentada.

De forma geral, contribuindo para a discussão, Dias (2010, p. 13) ressalta o peso dos custos logísticos no preço final do produto, contribuindo de forma acentuada para o aumento da importância dessa área no processo de decisão, além de acrescentar que os custos representam parte importante na administração logística, sendo assim, por esse motivo, a temática dos custos logísticos são desenvolvidos a seguir. Wantanakomol (2021) explica que os negócios canalizam esforços no desenvolvimento e aprimoramento de processos para a redução de custos operacionais e aumento da rentabilidade das operações, ainda mais frente à informação apresentada por Han e Wang (2021) que apontam que o custo de logística é um dos maiores para os negócios.

Martins (2006, p. 378) destaca alguns objetivos das cadeiras de suprimentos, entre eles a minimização dos custos financeiros, otimizando os recursos como um todo, desde o capital de giro e custos operacionais, ou desperdícios diversos com atividades que não agregam valor ao produto, seja por armazenagem e/ou transporte sem necessidade, por exemplo. Bowersox (2011, p. 542) destaca a importância da separação dos custos fixos e variáveis na logística e ressalta ainda a utilidade para “identificar as implicações dos custos logísticos nas alternativas práticas e operacionais”.

Bornia (2010) ressalta a essencialidade da análise de custos nas organizações, explicando o papel essencial para indicar problemas reais nos processos, subsidiando decisões importantes na gestão das empresas. De forma muito semelhante, Pettersson e Segersted (2013) afirmam que as empresas podem manter o foco em redução de custos a partir do momento em que eles são devidamente conhecidos, aumentando a rentabilidade do negócio como um todo.

Por sua vez, Carvalho (2002) propõe que os elementos de custos do sistema logístico dividem-se por custos de posse das existências – custos financeiros associados ao financiamento de estoques, custos de armazenamento – custos associados ao transporte de matérias-primas, produtos em via de fabricação e produtos acabados para os locais de armazenamento e pelos custos administrativos – custos relacionados com o desempenho da atividade logística.

Ballou (2010, p. 51) contribui para a discussão de custos na logística explicando que o crescimento de receitas, a redução de custos e a diminuição do uso do capital devem ser a base do conceito do custo total, elegendo a alternativa que tenha melhor combinação entre essas três variáveis que atendam ao nível de serviço desejado no menor custo total.

Compreendidos alguns conceitos e a importância dos custos de forma global, a partir de então são abordadas as definições de custos que norteiam o objeto de estudo proposto. Os custos elencados para uma operação logística são: estoques, armazenagem e transporte.

2.3.4. Custos de Estoques

Os estoques são apresentados por Iudícibus *et al.* (2010) como um dos ativos mais importantes do capital circulante e da posição financeira das organizações. Com efeito, dado que um produto consome recursos para sua fabricação, presume-se que são vendidos e a empresa tem retorno maior que os custos despendidos para sua fabricação. Os autores destacam ainda a posição essencial, pois à medida que é compreendido o valor financeiro nele contido, também é ele o combustível das empresas, seja para comercialização ou fabricação.

Compreendido que os estoques são recursos na forma de produtos, Pozo (2004) afirma que a função da gestão dos estoques está em administrar os níveis de estoque, os quais resultam em custos, tais como: custo de produção, de manutenção, de falta e custo total.

Ching (2010) explica que o tempo que o estoque permanece na organização antes de ser entregue aos clientes gera custos por sua manutenção, sendo assim, o custo de estoque considerado é o somatório do custo de armazenagem (CA) e o custo de pedido (CP). O custo de pedido, segundo o autor, refere-se à colocação e ao preparo administrativo de um pedido.

Ching (2010) também explica que o estoque também envolve custo de capital de giro, dado que ele é compreendido como um recurso que poderia ser investido em outras atividades.

2.3.5. Custos de Armazenagem

Segundo Moura (1997), a movimentação de materiais é a principal atividade dentre as diversas operações executadas em um armazém. Segundo o autor, a maneira pela qual são organizados e movimentados influencia a efetiva utilização do espaço em si.

De acordo com Amaral (2012, p. 88), “[...] os custos de armazenagem contemplam os custos incorridos no recebimento, na estocagem, na separação de pedidos e expedição”. Entende-se, portanto, que os custos de armazenagem computam todos aqueles custos inerentes ao processo de movimentação interna de materiais, imóveis (construção e/ou reforma, por exemplo) maquinários (empilhadeiras), salários e despesas gerais para manutenção e segurança do local. Lambert (1975, p. 10) explica que os custos de armazenagem não se alteram com a oscilação dos níveis de estoque, porém são modificados se houver necessidade de variação de número de instalações de armazenagem.

Faria e Costa (2007) contribui no tema de custos de armazenagem explicando a existência de fatores que compõem o custo de armazenagem em si: característica de recebimento (volume por grupo de produto, tipo de transporte, por exemplo), o tipo de acondicionamento da mercadoria (palletizada, se possui capacidade de empilhamento e/ou necessidade de controle de temperatura), características da operação (volumes, processos de etiquetagem, processos de reembalagem), entre outros fatores.

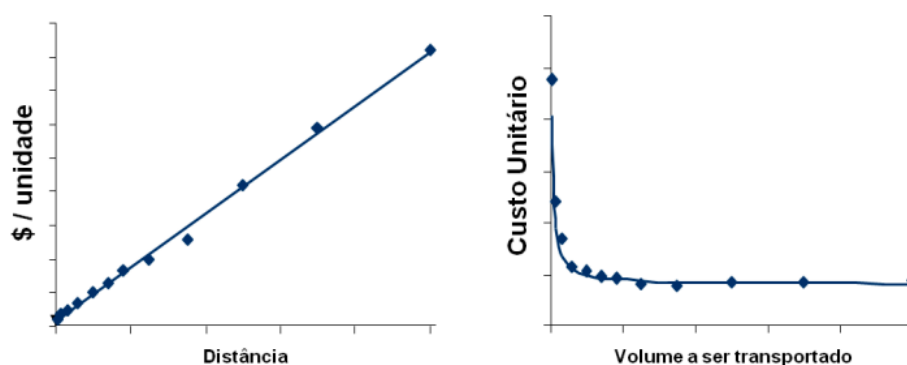
2.3.6. Custos de Transportes

Já na década de 1990, Ballou (1993) registrava que os custos relacionados ao transporte de mercadorias correspondiam à maior parte dos custos envolvidos em operações logísticas. Bowersox e Closs (2011) explicam que o custo de transporte corresponde ao pagamento da transferência entre duas localizações geográficas, incluindo custos como combustível, mão de obra, depreciação de veículos, manutenções, seguros do veículo, impostos, pedágios e da administração de frota. Toma-se a liberdade de incluir ainda, em tempos atuais, os pedágios existentes nas rodovias de praticamente todo o território brasileiro.

Ballou (2010) explica ainda que, em relação ao transporte, há duas dimensões principais: distância e volume transportado. Sobre o comportamento dos custos de transporte

em relação às duas variáveis apresentadas, Ballou traz os seguintes gráficos ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Comportamento do custo de transporte por distância e volume



Fonte: Ballou (2010). (Adaptado).

Corrêa Júnior (2001) faz um compilado com diversos autores, os quais ressaltam que vários são os aspectos que influenciam o custo de transporte de mercadorias, entre eles a possibilidade de carga retorno, sazonalidade, especificidade de cargas e prazo de entrega.

Em relação ao tipo de carga transportada, Caixeta Filho *et al.* (1998) e Ortúzar (2011) explicam que há a prática de preços distintos e de condições específicas para certos tipos de produtos, a exemplo da necessidade de comboio, escolta armada, seguros necessários e/ou tipo de veículo necessário para a execução do serviço de transporte.

A estrutura de custos pode variar ainda de acordo com o modal utilizado na rede logística, por isso o planejamento se torna fundamental para a estratégia do transporte de mercadorias. Para o presente trabalho, o modal escolhido é o rodoviário, realizado por caminhões, sobretudo em virtude das restrições de transporte dado ao tipo de produto da operação logística estudada.

Contribuindo para a discussão neste referencial teórico, Faria e Costa (2011) tratam da temática de custos em operações logísticas e compilam outros custos logísticos, conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Principais custos logísticos e suas definições

Tipos de Custos	Descrição
Custos de armazenagem	Custos do armazém, localização, dimensionamento da área, arranjo físico, configurações internas etc.

Custos de movimentação	Movimentação dos materiais, desde o recebimento até a estocagem. Consideradas as movimentações de retiradas desses materiais até o local onde serão utilizados ou os produtos serão expedidos para distribuição.
Custos de transporte	No plano nacional ou internacional, são considerados como um dos subprocessos mais relevantes da logística, por envolverem o deslocamento externo do fornecedor para a empresa, entre plantas, e da empresa para o cliente. São influenciados tanto pela escolha do modo de transporte quanto pela distância, volume, densidade, facilidade de acondicionamento, facilidade de manuseio, responsabilidade sobre o produto.
Custos de embalagens	Embalagens para o consumidor e embalagens voltadas para as operações logísticas.
Custos de manutenção de inventário	São os custos incorridos para que os materiais e produtos estejam disponíveis para o sistema logístico.
Custos de tecnologia da informação (TI)	Os custos de TI incluem os de emissão e atendimento dos pedidos, os de comunicação, além dos custos de transmissão, de pedidos, entradas, processamentos, bem como todos os custos relativos às comunicações internas e externas, acompanhamentos etc., que envolvem o grau de informatização dos sistemas utilizados, bem como o tempo de execução das atividades.
Custos tributários	Formado pelos seguintes tributos: impostos sobre a propriedade, sobre a venda, circulação, taxas e contribuições, desde que não sejam recuperáveis.
Custos decorrentes de lotes	Os custos de preparação na produção e de perdas na capacidade produtiva são provenientes das entradas no Planejamento, Programa e Controle de Produção.
Custos decorrentes de nível de serviços	O custo incorrido para atender à necessidade do próximo elo da cadeia, em termos de disponibilidade de produtos/serviços (inventário), confiabilidade do serviço (qualidade) e desempenho (velocidade e consistência na entrega).
Custos da administração logística	São os custos que envolvem TI, gestão do processo logístico.

Fonte: Faria & Costa (2011). (Adaptado).

Compreendidos os principais custos de logística, no próximo item é descrito como alguns autores entendem a relação do custo total dessas operações, tema fundamental para aplicação no estudo de caso proposto nessa pesquisa.

2.3.7. Custo Total na Logística

Após compreensão das questões relacionadas à logística, Lin *et al.* (2001, p. 710) explicam o papel dos gestores em logística em buscar meios de otimizar custos. Para tanto, Macintyre (1983, p. 23) contextualiza a necessidade de uma visão ampla e holística de toda a operação, dado que um corte de custo pode não impactar a redução do custo total e, ao contrário, ainda aumentá-lo.

Em relação ao custo logístico total, existem alguns autores que sugerem modelos para determinação dos custos de uma operação logística. Entre eles estão Uelze (1974), Goldratt (1997), Castiglioni (2009), Borba e Gibbon (2010), Dias (2010), entre outros.

O modelo de Uelze (1974) propõe que o custo da logística (L) seja o somatório do custo de armazenagem (A) com o custo de transporte (T), adicionado ao custo de obsolescência (O) e o custo do capital/dinheiro (D). Em relação à obsolescência, trata-se do tempo que o produto fica armazenado. Portanto, para Uelze (1974) tem-se que: $L = A + T + O + D$.

Goldratt (1997) apresenta que o custo total é definido considerando o Custo de Estoque com os custos de operação. Para o autor, a redução dos custos total depende da otimização do desempenho, porém, por não priorizar a logística empresarial, Borba e Gibbon (2010, p. 90) explicam que “[...] pode gerar uma distorção, uma vez que trabalha com a maximização do resultado das operações industriais de uma empresa, segundo as restrições de capacidades, sem contemplar o impacto mercadológico das vendas perdidas por falta de oferta”.

Christopher (2007) defende que o custo total (CT) seria uma composição do custo de transporte (CTr), estoques (CE), custos relacionados ao depósito (CD), custos das entregas locais (CEL) e os de processamento dos pedidos (CPP).

Para Castiglioni (2009), o custo logístico (CL) é obtido pelo somatório de quatro elementos: custo de processamento de pedidos (CPP), que inclui o ressuprimento e a venda em si, além do custo relacionado à armazenagem (CA), custos dos estoques (CE), incluindo custos de oportunidade de capital parado e falta de estoques e o custo de transportes (CT), este por sua vez sendo considerado o mais influente.

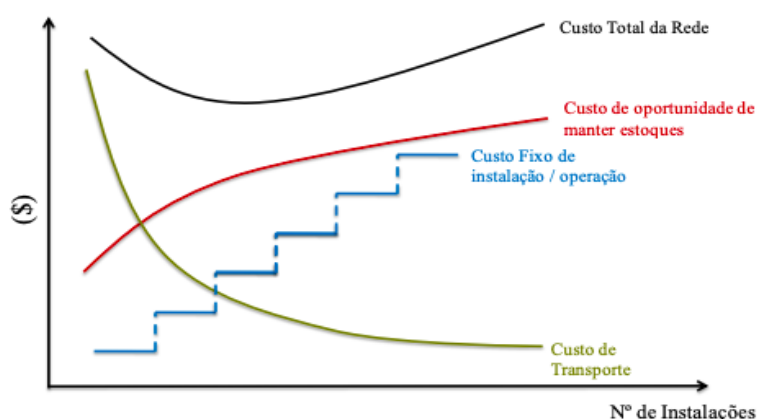
Outra proposta é apresentada por Borba e Gibbon (2010), estabelecendo que o custo logístico (CLog) é obtido pelo somatório dos custos de suprimentos (CS), composto pela aquisição e armazenagem de produtos, com os custos de distribuição (CD) e outros custos (OC). Os custos de distribuição, para os autores, contemplam aqueles relacionados à comercialização e distribuição e os outros que se somam a custos diversos que podem ser associados à operação.

Dias (2010), por sua vez, propõe que o custo total seria composto pelo somatório do custo total de armazenagem (CTA) com o custo total do pedido (CTP), além daqueles envolvidos na distribuição dos produtos.

Além das propostas de obtenção dos custos totais, destaca-se o conteúdo exposto por Bowersox *et al.* (2011) relacionando o conceito de custos totais em projetos de rede logística e também nos diversos *trade-offs* existentes.

Exemplificando os *trade-offs* principais, Ballou (2007) e Figueredo *et al.* (2003) destacam o modal de transporte *versus* a manutenção dos estoques (quanto mais rápido um modal, mais caro, porém menor a necessidade de grandes estoques), disponibilidade de estoques *versus* falta (quanto maior o estoque, menor a falta e menor a perda pela falta de estoques, tem-se ainda o número de centros de distribuição *versus* custo operacional, quanto mais CDs, melhor o atendimento ao cliente, menor custo de transporte, porém maior custo de estoque e operacional), entre outros. A Figura 3 ilustra a ideia de *trade-offs*.

Figura 3 – *Trade-offs* relevantes de custos em função do número de instalações



Fonte: Figueiredo *et al.* (2003).

Direta ou indiretamente, os métodos de obtenção do custo total da logística, até mesmo por se tratar de uma atividade básica, abordam os custos relacionados ao transporte. Nesse sentido, tem-se a necessidade do melhor aproveitamento possível dessa atividade, otimizando a taxa de uso dos veículos (aproveitamento da capacidade total da carga) de modo a reduzir a quilometragem percorrida para o transporte do mesmo volume de produtos. Mais uma vez a logística é associada à gestão de recursos/custos, frente às oportunidades existentes, de onde se infere que a logística tem o desafio de calibrar a qualidade do serviço com o preço que o mercado paga por ele.

Compreendidos alguns conceitos fundamentais relacionados ao custo, este referencial teórico canaliza esforços para a abordagem de outros conceitos de logística dados como fundamentais para compreensão do trabalho, sendo o tema apresentado a seguir relacionado à questão tributária com as diferentes alíquotas entre estados brasileiros.

2.4. REDES DE DISTRIBUIÇÃO E CUSTOS CORRELATOS

O contexto de custos, logística, tributos e legislações foi apresentado como forma de criar um alicerce teórico sobre o qual será construída a proposta metodológica do capítulo a seguir. Antes de avançar para o próximo capítulo, há necessidade de abordar a temática relacionada à rede logística e ao método de definição de localização de centros de distribuição e rede logística, essencial para dar sentido aos assuntos tratados a seguir.

O planejamento é apresentado por Oliveira (2011) como processo contínuo que resulta condições de se avaliar impactos futuros de decisões tomadas no presente em relação aos

objetivos empresariais. Mintzberg (2004) completa ainda que o planejamento é interpretado sob cinco circunstâncias distintas, entre elas: (i) pensamento no futuro, (ii) planejamento é controlar o futuro, (iii) tomar decisões, (iv) tomar decisões integradas, e (v) planejamento é um processo formal para produzir um resultado articulado na forma de um sistema integrado de decisões.

Compreendido o panorama de planejamento, direcionado para a operação logística, Ballou (2001) descreve o planejamento logístico dividido em três níveis distintos, entre eles estão o nível estratégico, tático e operacional. O autor explica que as empresas recorrem ao nível estratégico para conectar centros de distribuição, transportes, níveis de estoques e o processamento dos pedidos em si demandados.

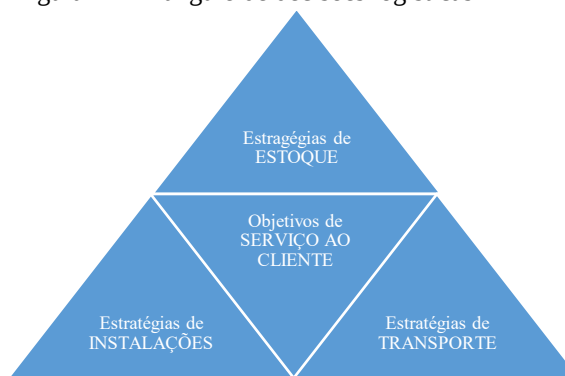
Tabela 5 – Níveis de planejamento

Área	Nível de decisão		
	Estratégico	Tático	Operacional
Localização de instalações	Quantidade, dimensão e localização de armazéns, fábricas e pontos de venda.		
Estoques	Localização e política de controle	Nível de segurança	Reabastecimento.
Transportes	Seleção do modo.	Aluguel sazonal de equipamentos	Rotas e expedição.
Processamento de encomendas	Concepção do sistema de entrada, transmissão e processamento de pedidos.		Processamento de encomendas.
Serviço ao cliente	Estabelecimento de níveis.	Regras de prioridades para encomendas de clientes.	Despacho de mercadoria.
Armazenamento	Seleção do equipamento de manuseamento e concepção de <i>layout</i> .	Soluções sazonais e recursos de locação.	<i>Picking</i> e reposição.
Compras	Desenvolvimento de relacionamento fornecedor-comprador.	Contratos, seleção de fornecedores e antecipação de compras.	Cotação de encomendas.

Fonte: Adaptado de Ballou (2010).

Ainda sobre o planejamento logístico, Ballou (2010) pondera que este almeja a resolução de três questões que envolvem o nível de serviço esperado pelo processo logístico de distribuição, entre eles os níveis de estoques, a localização das instalações e as decisões de transportes.

Figura 4 – Triângulo de decisões logísticas



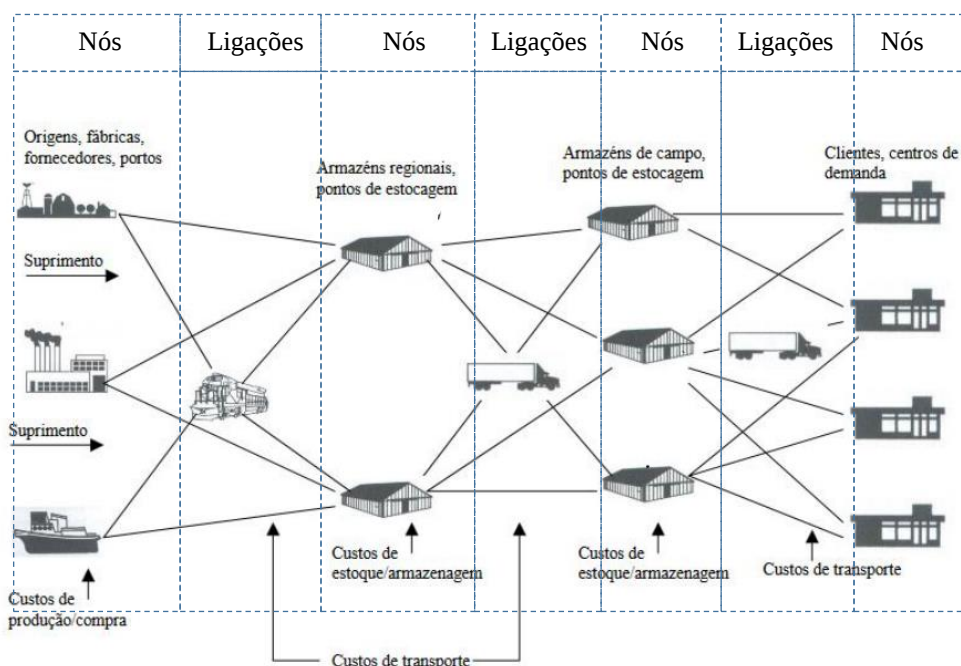
Fonte: Adaptado de Ballou (2010, p.42).

Quando o assunto é o transporte, o autor ressalta que envolve a escolha dos modais, assim como a programação das rotas, volumes transportados e do processo de expedição/consolidação das cargas em si. As estratégias em relação à localização abrangem a quantidade e o tamanho das instalações requeridas, assim como a localização dos pontos de armazenagem. O mesmo raciocínio é adotado por Nekooghadirli *et al.* (2014), os quais ponderam que os sistemas logísticos têm os mesmos três elementos para a tomada de decisão, os quais são apresentados como altamente dependentes entre si.

O presente trabalho dedica energia justamente ao terceiro ponto adotado por Ballou (2010), ou seja, estratégias de localização, não desmerecendo as demais, as quais são, de mesma forma, fundamentais para uma operação eficiente sob a perspectiva de otimização de recursos em processos produtivos. Com efeito, Christopher (2002) enfatiza justamente a inter-relação entre as estratégias, pois, segundo o autor, é importante olhar para os processos como um todo, sobretudo para as interfaces entre eles.

No sentido de melhor entender o relacionamento proposto, apresenta-se o conceito de Redes de Distribuição, descrito por Sandhusen (2010) como emaranhado de nós (pontos de intersecção) resultando em um sistema integrado, pertencente a uma atividade comercial ou produtiva das partes interconectadas. Tem-se, portanto, que uma rede de distribuição é direcionada a conectar produtor ao cliente, considerando diferentes intermediários, tais como Centros de Distribuições, armazéns, entre outros. A Figura 5 ilustra o que seria a conceito de rede logística Danchuk *et al.* (2019) colocam que o serviço de entrega contemplado por uma rota otimizada, assim como a localização, é decisivo para as empresas. Silva (2020) destaca a essencialidade da logística frente à gestão organizacional, analisada como fator importante para a competitividade das empresas, englobando estratégia e planejamento, sendo assim, o estudo a ser desenvolvido se torna essencial para as organizações.

Figura 5 – Rede logística

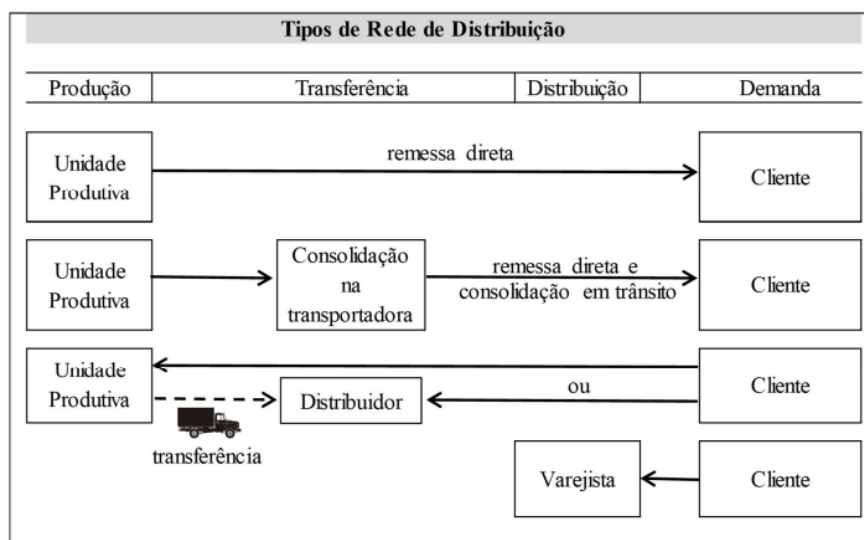


Fonte: Adaptado de Ballou (2011, p. 484).

Ainda em relação à operação de distribuição, Novaes (2004) explica que a cadeia de distribuição nada mais é do que toda a logística necessária para que determinado produto possa ir de sua origem até o seu destino, ou seja, do fabricante ao consumidor final. O autor enfatiza a essencialidade do correto gerenciamento dessa cadeia para que todos os envolvidos no processo consigam visualizar a importância de sua função e para que o objetivo de entregar o produto com baixo custo, intacto e com rapidez seja mantido. Silva (2006) contribui para a temática esclarecendo que um alto nível de cooperação entre os agentes de uma rede de distribuição é necessário. Da mesma forma, Bowersox (2011) sugere que o canal de distribuição pode ser definido como um grupo de entidades interessadas que assume a propriedade de produtos ou viabilizam a sua troca durante o processo de comercialização.

Chopra e Meindl (2011) explicam que uma rede de distribuição é projetada para que dois critérios possam ser atendidos. O primeiro é relacionado à necessidade do cliente, já o segundo abrange os custos do atendimento às necessidades dele. Segundo os autores, a posição ideal de uma estrutura física é a que mais se aproxima do cliente ou a que está mais próxima dos fornecedores, com fluxo definido do fornecedor ao consumidor/cliente, podendo ter intermediários e com produtos sendo entregues em postos de coleta, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Tipos de Rede de Distribuição



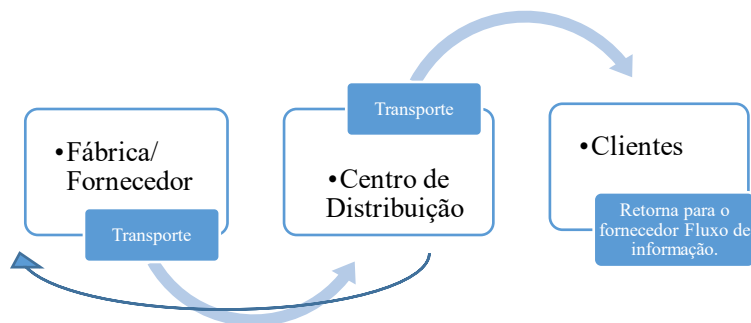
Fonte: Alves (2018, p.22).

Alves (2018) coloca que os tipos de redes de distribuição trabalham com aspectos inerentes à qualidade do serviço, seja com o tempo de resposta, variedade e disponibilidade de produtos, e aos custos envolvidos, a exemplo dos custos de transporte, estoques e expedição. O autor explica ainda que o tipo escolhido da rede de distribuição influencia diretamente.

No panorama proposto, onde há a distribuição de produtos até o consumidor final, tem-se a figura do Centro de Distribuição (CD), o qual pode ser compreendido, em suma, como uma unidade construída para armazenar produtos produzidos e/ou adquiridos para comercialização, processar pedidos e expedi-los para outras filiais ou clientes. Rosa, Abreu e Pedrozo (2016) enfatizam a importância do CD como parte da organização, dado que há a recepção, armazenagem e distribuição de produtos.

A Figura 7 ilustra o papel e a posição dos CDs na operação logística, organizado pelo autor a partir da exposição de Ballou (1999).

Figura 7 – Centro de Distribuição na rede de suprimentos



Fonte: Adaptado de Ballou (1999).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2014), os CDs otimizam o espaço nos pontos de venda, pois permitem regionalizá-los, com forte impacto na redução de custos e ganhos de eficiência. Por outro lado, os mesmos autores ponderam que os CDs, por sua vez, exigem reestruturação do sistema logístico.

Na mesma linha de pensamento, Fleury *et al.* (2000) propõem que o atendimento direto pelo fornecedor a um cliente poderia envolver o transporte de cargas fracionadas, o que seria reduzido se essa operação fosse feita a partir de um Centro de Distribuição, geralmente mais próximo dos clientes. Há uma otimização do processo, pois da fábrica/fornecedor ao CD as cargas seriam fechadas (otimizando o transporte) e do CD aos clientes elas sairiam fracionadas e combinadas de múltiplos fornecedores. Dias (2010) sugere que o alcance do nível econômico ótimo deve ser o objetivo de uma localização estratégica.

Azevedo *et al.* (2012) também trazem os benefícios de um centro de distribuição relacionados ao menor tempo de processo logístico e para a segurança do produto, uma vez que este é armazenado dentro de uma estrutura física. De forma complementar, Md. Hanafiah *et al.* (2022) relatam que com a progressão acelerada da globalização, as empresas têm procurado novas abordagens de modo a melhorar a *performance* operacional e, nesse sentido, os autores colocam o CD como componente essencial dentro da perspectiva da gestão da cadeia de suprimentos.

As características naturais como localização, base industrial, boa infraestrutura e eficiência em atividades logísticas se traduzem em vantagem competitiva de custos (Hayes, 2006). Ao encontro das propostas já apresentadas, ReVelle e Eiselt (2005) explicam que o custo do transporte compõe o valor do produto, portanto o lucro do empreendimento é proporcional à minimização do custo do transporte. Em tempo, assim como elucidado por Silva (2007), o

Brasil tem extensão territorial continental, sendo assim, o autor explica que a configuração do modelo de distribuição não é exclusivamente ligado à lotação completa de veículos, mas também com a satisfação do cliente em receber dado produto no prazo acordado.

Rosa, Abreu e Pedrozo (2016, p. 357) enfatizam também que o “uso dos CD’s na cadeia de abastecimento é fundamental para uma distribuição eficiente. No entanto, é importante que esses centros estejam bem localizados”. Corroborando o raciocínio, Farah Junior (2002) explica que a implementação de CDs de forma geral, nas cadeias de abastecimento, dá-se justamente pela necessidade de obter uma operação mais flexível, dinâmica e, da mesma forma, eficiente.

Compreendido o papel de um CD, outro tema pertinente é a localização ideal para sua instalação. Nesse sentido, Gooley (1998a, 1998b, 1998c) salienta que é crucial que se faça uma análise do plano estratégico da empresa ao nível dos produtos e mercados que se pretende alcançar, incluindo fatores como a infraestrutura física, proximidade aos fornecedores e ou aos clientes, as políticas e tributação local e as condições de comércio.

Registrando um ponto considerado essencial, à medida que a definição de um Centro de Distribuição é uma decisão estratégica que consumirá recursos para seu estabelecimento, o mesmo deve ser estabelecido considerando os diferentes cenários comerciais e alinhado com o planejamento estratégico das empresas. Gurgel (2008) alerta que a decisão sobre a mudança ou a abertura de um novo CD tem caráter praticamente irreversível por um prazo de 10 a 20 anos, e, sendo assim, não é prudente tomar uma decisão como essa baseando-se unicamente na situação atual da empresa, devendo-se também levar em consideração a projeção da situação futura.

A problemática da localização dos Centros de Distribuição, alinhada com os autores estudados, é tida como estratégica nas organizações com efeitos diretos em custos e nível de serviço. Sendo assim, a próxima etapa dos estudos apresenta alguns métodos utilizados para a definição da localização de um centro de distribuição. A definição de local ideal para a instalação de um Centro de Distribuição depende de alguns fatores do negócio praticado. Por isso, além dos métodos existentes para a definição desses locais, o conceito de rede logística é apresentado de forma a ilustrar melhor a complexidade e o viés estratégico do tema.

Alves (2018) faz um compilado de métodos indicados para o estudo de configuração de rede. Entre as alternativas, são apresentadas as técnicas analíticas, onde métodos matemáticos são aplicados abordando o centro de gravidade, geralmente aplicados para a definição de único centro de distribuição. Por outro lado, Guimarães (2016) demonstra que a simulação é um método que auxilia o processo de tomada de decisão logística.

2.5. A LOCALIZAÇÃO E OS MÉTODOS PARA SUA DEFINIÇÃO

No desenvolvimento da presente dissertação, o custo de transporte foi considerado um dos maiores custos de uma operação logística, por isso a definição da locação de um centro de distribuição possui papel estratégico. Dias (2010) explica que o nível ótimo econômico é o objetivo de uma localização, pois com isso a maximização da rentabilidade será alcançada ou, por ponto de vista semelhante, porém distinto, será atingido o custo mínimo.

Klose e Drexler (2005) explicam a relação da comercialização como dependente da localização dos produtos. Segundo eles, questões de localização tratam formulações com diferentes complexidades. Ao encontro do proposto, Revelle e Eiselt (2005, p. 3) corroboram a proposta de que são importantes na modelagem logística e, para eles, um deles tem fator fundamental no processo de tomada de decisão. Gabzewicz e Thisse (1979) deixam a proposta de localização ainda mais complexa, apresentando o contexto da demanda, do custo fixo da instalação e do custo de transporte como determinantes do resultado operacional (apresentado como lucro pelos autores), um dos pioneiros nos estudos envolvendo localização de instalações. Owen e Daskin (1998) explicam que o tema passou a ser fortemente estudado a partir do início do século XX com o trabalho de Alfred Weber, objetivando encontrar uma posição que minimizasse a distância de instalações a seus respectivos consumidores.

Dentro do contexto apresentado, Rosa, Abreu e Pedrozo (2016, p. 360) contribuem para a discussão afirmando que “[...] para que um CD desempenhe seu papel corretamente é necessário que a sua localização seja a mais correta, para isso são utilizados métodos que fazem combinações entre os fornecedores, redes de transportes, cliente, tempo de atendimento, mercados, modais disponíveis, entre outros”. Por sua vez, Azzoni (1981) defende que a localização considerada ótima será aquela que proporcionará o menor custo de produção possível, sendo o fator transporte o aspecto primordial desses custos e, com efeito, este é o mote que levou à organização do presente estudo.

Bowersox e Closs (2011) trazem três variáveis críticas essenciais para a definição de localizações de instalações: tamanho das cargas, o modal e alternativas de localização. Como constantes, os autores definem o nível de disponibilidade de estoque, a duração do ciclo de atividades e as localizações específicas nos depósitos. Os principais dados de análise para os autores consistem na definição de mercados, produtos, redes, demandas, preço de fretes e custos, sejam eles fixos ou variáveis.

De forma paralela e complementar, Singh *et al.* (2018) discorrem justamente sobre os critérios a serem utilizados no processo de definição da localização de um novo Centro de Distribuição, apresentando estudos de diversos autores que tratam de questões que vão desde a análise de infraestrutura, questões governamentais/fiscais e até sobre o próprio mercado. A Tabela 6 traz um resumo dos critérios e autores abordados no estudo de Singh *et al.* (2018).

Tabela 6 – Critérios de definição de um Centro de Distribuição

Categorias	Subcritério	Descrição	Referências
Infraestrutura	Transporte e conectividade	Suporte de transporte, incluindo malha rodoviária, proximidade de estações de trem, aeroportos ou portos.	Turgut <i>et al.</i> (2011); Yang e Lee (1997); Wu e Radbone (2005)
	Elettricidade e fornecimento de Água	Disponibilidade e facilidade em relação ao abastecimento de água e energia elétrica onde o CD será instalado.	Ashrafzadeh <i>et al.</i> (2012); Turgut <i>et al.</i> (2011); Rothendern <i>et al.</i> (2005); Zhu <i>et al.</i> (2008); Chan (2003)
	Telecomunicação e TI	Comunicação é essencial para o trabalho em um CD e também é muito importante ter disponibilidade a telecomunicação nos arredores do CD.	Ashrafzadeh <i>et al.</i> (2012); Turgut <i>et al.</i> (2011); Min (2006)
Governamental	Custo de Aquisição (área)	Relaciona-se com o custo que o terreno será adquirido.	Ashrafzadeh <i>et al.</i> (2012); Demirel <i>et al.</i> (2010); Turgut <i>et al.</i> (2011); Glasmeier e Kibler (1996); Sivitanidou (1996)
	Políticas de impostos	Refere-se aos impostos que o CD deverá pagar ao governo.	Demirel <i>et al.</i> (2010), Yang e Lee (1997)
	Incentivos fiscais	Incentivos governamentais para atrair investimentos de empresas.	Demirel <i>et al.</i> (2010)
Mercado	Tamanho de mercado	Refere-se ao tamanho do mercado próximo à área onde o CD será instalado.	Vlachopoulou <i>et al.</i> (2001)
	Proximidade do mercado principal	Proximidade do mercado principal que vai ser importante para reduzir custos logístico e proporcionar melhor qualidade de serviço em termos de tempo e flexibilidade.	Demirel <i>et al.</i> (2010); Ashrafzadeh <i>et al.</i> (2012); Turgut <i>et al.</i> (2011); Huifeng e Aigong(2008); Durnus e Turk (2012)
	Perspectivas de crescimento de mercado.	Crescimento potencial do mercado o que poder é resultar em maior demanda e, assim, uma economia de escala.	Wu e Radbone (2005); Polese e Shearmun (2004); Shearmun e Alvergne (2002); Elberto (2000); Maccanty e Allthriawng (2003)

Fonte: Singt *et al.* (2018, p. 346), traduzido.

Wanke (2001), por sua vez, traz que as informações consideradas relevantes a estudos de localização são a localização de clientes e fornecedores, assim como o levantamento dos produtos movimentados (características e especificidades), demanda atual para cada produto em respectiva localidade, fretes por modal de transporte, custos de armazenagem (contemplando mão de obra, custos fixos de instalações, espaços e impostos), tamanho e

frequência dos carregamentos de uma instalação à outra, custos de processamento de pedidos e exigências dos pedidos.

Quando o assunto discute a quantidade de CDs, Ballou (2010) apresenta a possibilidade de escolha de locais candidatos em um “espaço contínuo”, onde qualquer ponto na rede é candidato. Em segunda abordagem, a escolha é apresentada de forma a ser realizada em um espaço considerado “discreto”, ou seja, a seleção é feita entre um conjunto de escolhas viáveis, pré-selecionadas por uma razoabilidade. O autor explica que este seria o método mais empregado quando se tem a localização de múltiplas instalações. Ao encontro da proposta de múltiplas instalações apresentadas, Moreira (1990) converge para e acrescenta que a escolha entre candidatos deve otimizar a função objetivo definida, assim como atender às restrições do problema.

Dado um panorama sobre o contexto da logística e redes, o próximo cenário abordado são os modelos para definição da localização das estruturas de distribuição.

2.6. PARTICULARIDADES DO TRANSPORTE DE DEFENSIVOS QUÍMICOS

O transporte de defensivos químicos tem uma série de restrições e particularidades que devem ser cumpridas e dentre as normas que tratam sobre este tema está a Resolução nº 5.848, de 25 de junho de 2019, emitida pelo Ministério da Infraestrutura/Agência Nacional de Transportes Terrestres/Diretoria Colegiada, atualizando o regulamento do transporte rodoviário de produtos perigosos. Na referida Resolução, especifica-se a obrigatoriedade de registro por parte do transportador no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas (RNTRC), assim como a exigência de o condutor ter sido aprovado em curso específico conforme regulamentação do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), de acordo com o artigo 20 da mesma Resolução.

Entre as particularidades para o transporte dos defensivos químicos, caracterizado como produtos perigosos, tem-se:

Art. 6º Durante as operações de carga, transporte, descarga, transbordo, limpeza e descontaminação, os veículos e equipamentos utilizados no transporte de produtos perigosos devem estar devidamente sinalizados, observadas eventuais dispensas, conforme Instruções Complementares a este Regulamento.

Art. 8º Os veículos utilizados no transporte de produtos perigosos devem portar conjunto de equipamentos para situações de emergência, adequado ao tipo de produto transportado e devidamente localizado, conforme Instruções Complementares a este Regulamento.

Art. 13. Equipamentos de transporte certificados para o transporte de produtos perigosos a granel não podem ser utilizados para transportar alimentos, medicamentos, produtos de higiene pessoal, cosméticos, perfumaria, farmacêuticos, veterinários ou seus insumos, aditivos ou suas matérias primas, salvo as exceções previstas no parágrafo único e nas Instruções Complementares a este Regulamento.

Art. 16. Os produtos perigosos expedidos em embalagens devem ser acondicionados e estivados no compartimento de carga do veículo de modo que não possam deslocar-se, cair ou tombar, suportando os riscos de carregamento, transporte, descarregamento e transbordo. (Ministério da Infraestrutura/Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2019).

Tratando-se da Resolução nº 5.947, de 1º de junho de 2021, emitida pelo Ministério da Infraestrutura/Agência Nacional de Transportes Terrestres, há uma relação de proibições explicitadas como descrito:

Art. 17. É proibido:

I - conduzir pessoas em veículos transportando produtos perigosos, além dos auxiliares, salvo se disposto em contrário nas Instruções Complementares a este Regulamento;

II - transportar, simultaneamente, no mesmo veículo ou equipamento de transporte, diferentes produtos perigosos, salvo se houver compatibilidade nos termos das Instruções Complementares a este Regulamento;

III - transportar produtos perigosos juntamente com alimentos, medicamentos, insumos, aditivos e matérias primas alimentícios, cosméticos, farmacêuticos ou veterinários ou objetos ou produtos já acabados destinados a uso ou consumo humano ou animal de uso direto ou, ainda, com embalagens de mercadorias destinadas ao mesmo fim, salvo se disposto em contrário nas Instruções Complementares a este Regulamento;

IV - transportar alimentos, medicamentos ou quaisquer objetos ou produtos destinados ao uso ou consumo humano ou animal em embalagens que tenham contido produtos perigosos;

V - transportar, simultaneamente, animais e produtos perigosos em veículos ou equipamentos de transporte;

VI - abrir embalagens contendo produtos perigosos, fumar ou adentrar as áreas de carga do veículo ou equipamentos de transporte com dispositivos capazes de produzir ignição dos produtos, seus gases ou vapores, durante as etapas da operação de transporte;

VII - instalar ou manter, nos veículos transportando produtos perigosos, aparelho ou equipamento de aquecimento sujeito à combustão, a gás ou elétrico (fogão, fogareiro ou semelhantes), assim como os produtos combustíveis necessários ao seu funcionamento, ou quaisquer recipientes ou dispositivos capazes de produzir ignição dos produtos, seus gases ou vapores, bem como reservatório extra de combustível, exceto se permitido pela legislação de trânsito; e

VIII - utilizar embalagens que apresentem sinais de violação, deterioração ou mau estado de conservação para o transporte de produtos perigosos.

(Ministério da Infraestrutura/Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2021).

Além da referida Resolução, outras normas trazem regras a serem seguidas para o transporte de produtos perigosos, tais como Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entre elas a ABNT NBR 7500 – Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos, ABNT NBR 9735 – Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos, ABNT NBR 10271 – Conjunto de equipamentos para emergências no transporte rodoviário de ácido fluorídrico, ABNT NBR 14619 – Transporte terrestre de produtos perigosos – Incompatibilidade química e ABNT NBR 14725 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente.

Cada produto em si tem uma classificação de risco quanto à toxicologia e potencial de periculosidade ambiental e geralmente contam com classificações em relação ao número de risco. De acordo com a NBR 14725 (2017, p. 2), há a divisão dos produtos perigosos em nove classes, com suas respectivas subclasses, sendo os agroquímicos de forma geral em sua maioria categorizados como classe seis, ou seja, “substâncias tóxicas e substâncias infectantes”.

Além da norma brasileira expedida pela ABNT, os produtos químicos também recebem uma classificação da ONU, mais conhecida como “código ONU”, que é constituído por quatro algarismos que diferenciam os produtos químicos dentro de uma padronização internacional. Essas classificações são exigidas tanto nas documentações dos produtos quanto para os respectivos transportes, inclusive na identificação visual dos veículos, permitindo a identificação mais ágil dos produtos em caso de situações de urgência, o que possibilita uma tomada de decisão mais ágil e assertiva frente ao ocorrido (cada tipo de classificação tem equipamentos de proteção individual específicos, assim como procedimentos para contenção).

Dado todo um contexto de maior rigor operacional em termos de segurança, o transporte de produtos perigosos, como são os defensivos agrícolas, tem diversas limitações que tornam a operação logística para tal mais complexa.

2.7. REVISÃO SISTEMÁTICA E OS MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE ESTRUTURAS LOGÍSTICAS

Dada a complementariedade de temas já apresentados, o foco do presente estudo se dá nos modelos de determinação de localização de instalações logísticas, razão pela qual se desenvolve uma revisão sistemática dos modelos de localização existentes, permitindo melhor compreensão das particularidades dos modelos, comparando-os entre si para posterior simulação de modo a identificar qual seria o mais interessante de acordo com o cenário da cooperativa estudada. Em resumo, o principal critério é construir ou adaptar uma estrutura em uma cidade onde a cooperativa já tem uma unidade de negócio. A discussão dos autores selecionados está disposta neste item, sendo o principal critério de seleção dos autores aqueles que foram mais citados no processo de pesquisa sobre o tema, assim como a seleção dos que contam com texto didático para melhor ilustração dos temas debatidos.

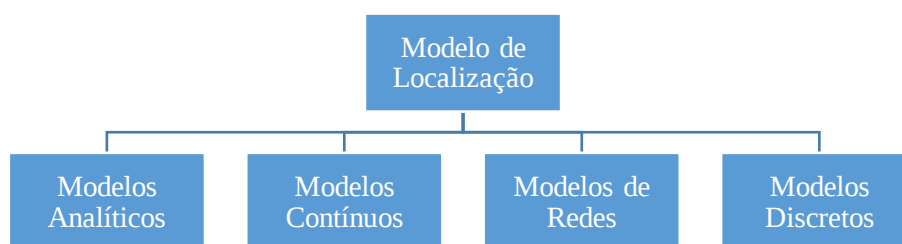
Weber (1909) é considerado um dos pioneiros nos estudos de localização de estruturas visando minimizar a distância total percorrida, posteriormente Hotelling (1929) estudou a localização para duas estruturas.

O *design* da cadeia de suprimentos é caracterizado por Snyder *et al.* (2007) como naturalmente oneroso, de difícil reversão e com impacto direto no decorrer do tempo. A análise de localização para ReVelle e Eiselt (2005) refere-se à modelagem de problemas de localização e solução de “uma classe de problemas que pode ser descrito como estabelecer instalações em algum espaço”, pois segundo os autores há quatro componentes que caracterizam um problema de localização, entre eles:

- (1) Clientes, Clientes estão posicionados em pontos de rotas (nós).
- (2) Instalações vão ser criadas;
- (3) Há um trajeto entre clientes e instalações
- (4) Métrica indica distância ou tempo entre os clientes e as instalações. (ReVelle e Eiselt, 2005, p. 1).

Em relação à taxonomia dos modelos de localização, ReVelle e Eiselt (2005, p. 2) explicam ainda que “problemas de localização são divididos entre problemas dimensionais e problemas de rede, esses por sua vez podem ser divididos em contínuos ou discretos”. Ao encontro da proposição dos autores, tem-se Daskin (2008) que aborda a divisão dos modelos em quatro grupos, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Taxonomia dos modelos de localização (traduzido)



Fonte: Adaptado de Daskin (2008, p.284).

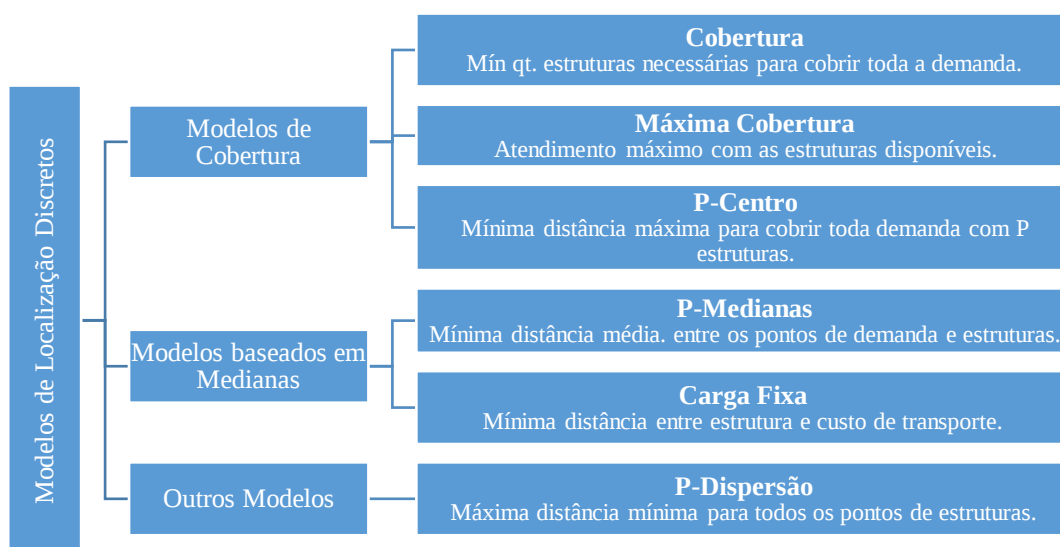
Os modelos analíticos são apresentados por Daskin (2008) como os mais simples, geralmente assumindo demanda distribuída uniformemente sobre uma área onde uma estrutura pode ser instalada em qualquer ponto dessa região. Para Daskin (2008, p. 284), “enquanto os modelos analíticos assumem que demandas são distribuídas de forma contínua ao longo da região, os modelos contínuos geralmente assumem a demanda somente em pontos discretos”. Para os modelos de redes, ele propõe que as demandas e as instalações são posicionadas nos nós da rede.

De forma sucinta e direta, os autores delimitam que os problemas contínuos são aqueles nos quais a estrutura pode ser instalada em qualquer ponto do plano ou da rede, sendo o exemplo deste tipo de situação o da parada de um caminhão em uma estrada, pois no trajeto estabelecido para a rota do caminhão ele pode realizar uma parada.

Ainda sobre a discussão entre problemas contínuos e discretos, Revelle e Eiselt (2005) compartilham que os problemas contínuos, geralmente planares, tendem a uma otimização não linear, enquanto os problemas discretos, geralmente de redes, envolvem variáveis zero e um, resultando em uma otimização de programação combinatória. Os autores sinalizam ainda que a mistura dos dois conceitos também pode ser aplicada em algumas situações menos recorrentes.

Os problemas discretos são apresentados de modo que a instalação de estruturas é conceitualmente posicionada em um número delimitado de espaços candidatos elegíveis dentro do plano ou da rede. O exemplo para problemas discretos é a instalação de antenas transmissoras que tecnicamente podem ser instaladas apenas no topo de montanhas. Daskin (2008) apresenta os modelos de localização discretos em três grandes grupos, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Arranjo dos modelos de localização discretos (traduzido)



Fonte: Daskin (2008, p.285).

Em relação aos modelos discretos, Daskin (2008) segmenta em três grandes grupos: modelos de cobertura, modelos baseado em medianas e outros modelos.

Revelle e Eiselt (2005, p. 4) compartilham algumas visões relacionadas à cronologia do desenvolvimento das localizações de instalações, sendo que uma das exposições refere-se ao número de instalações, podendo existir cenários com uma única instalação ou com “p” instalações, onde “o parâmetro p pode ser fixo por definição ou imposto por uma imposição de orçamento” (Revelle & Eiselt, 2005, p. 4). Os autores sinalizam ainda que a melhor localização é aquela que minimiza o somatório de custos de abertura e distribuição e que permita que o

número de instalações seja decorrente do custo mínimo. Em tempo, a proposta vai ao encontro do modelo de p-medianas que será apresentado posteriormente.

Outra abordagem realizada por Revelle e Eiselt (2005) foge um tanto da proposta de minimizar somatório de custos, pois se trata do modelo de cobertura, defendido por Toregas *et al.* (1971). Nessa abordagem, a proposta é encontrar uma quantidade/localização de estruturas que cobrirão toda uma área com uma distância máxima padrão. O modelo de coberturas é apontado por Toregas *et al.* (1971) como muito aplicado em situações de logística humanitária, dada a ênfase no atendimento em detrimento do custo.

Ainda sob a luz de Klose e Drexler (2005, p. 5), dentre os modelos de localizações de instalações, alguns critérios são apresentados, tais como: objetivos, capacidade, dinamicidade, quantidade de produto e estágios, elasticidade, certeza, os quais são descritos a seguir.

2.7.1. Objetivos

Klose e Drexler (2005, p. 5) estabelecem que “os objetivos podem ser do tipo minsum ou minmax”. Entende-se que o termo minsum pode ser entendido como aquele que objetiva que minimiza somatórios (a depender da aplicação, em logística geralmente está relacionado a quilometragem percorrida, ou seja minimizar as distâncias percorridas entre a origem e o destino da mercadoria), foi muito discutido nos anos de 1960, embora estivesse na literatura da matemática de Torricelli no século XVII.

Sob outra perspectiva, de encontro com o minsum, os modelos minmax devem minimizar as distâncias máximas. Os autores completam ainda que os modelos minsum geralmente são adotados por empresas do setor privado, enquanto o minmax são mais aplicáveis no setor público. Para a expressão minmax o tempo é empregado para minimizar o máximo, em logística e nos modelos estudados está relacionado a minimizar a distância máxima entre os pontos de uma rede de distribuição, de forma que a maior distância entre o centro de distribuição e um ponto de abastecimento seja o menor possível.

Os problemas de cobertura, por exemplo, de acordo com Boonmee *et al.* (2017), visam que o ponto de demanda seja atendido por uma instalação e também asseguram que qualquer instalação direcionada para atender um ponto de demanda estará dentro de uma distância limite estabelecida.

2.7.2. Capacidade

O problema de localização de instalações de capacidade ilimitada (*uncapacitated facility location problem*) aproximam-se do problema da p-mediana, mas, nesse caso, é levado em conta o custo de abrir uma instalação. Desse modo, o problema assume um conjunto de localizações viáveis para situar instalações, um conjunto de pontos de procura, um custo fixo de abrir uma instalação por cada localização e uma matriz de custos de transportes de cada instalação para cada ponto de procura.

Ainda sobre o problema de localização de capacidade ilimitada, este por sua vez não impõe limites quanto à quantidade de fluxo que está sendo transferida dos nós secundários aos *hubs*, não restringem a quantidade de nós secundários a serem alocados aos *hubs*, nem consideram restrições de capacidade das instalações físicas no problema.

Quando a capacidade dos depósitos é escassa, na maioria dos casos reais, há formulações matemáticas que estabelecem as restrições de quantidade movimentada nas instalações físicas. Para Klose e Drexler (2005), o modelo matemático de Lagrange provavelmente trará a melhor solução para o problema em questão. Reese (2006) apresenta uma revisão dos principais métodos de solução para situações desse tipo.

2.7.3. Dinamicidade

Em suma, modelos estáticos tentam otimizar o desempenho do sistema por um período representativo. Por outro lado, os modelos dinâmicos refletem dados (custo, demanda, capacidades, etc.), variando ao longo do tempo dentro de um determinado horizonte de planejamento. Klose e Drexler (2005) explicam que no decorrer do tempo as variáveis de decisão também podem oscilar e é justamente nesse sentido que os modelos dinâmicos surgem, considerando mais variáveis, por isso mais complexos e com necessidade de uma quantidade considerável de dados para análise. Klose e Drexler (2005) colocam ainda que na prática esse tipo de resolução é limitado, dado que a previsão de cenários nem sempre é exata e tais modelos são desenvolvidos por Schilling (1980), Erlenkotter (1981), Van Roy e Erlenkotter (1982), Frantzeskakis e Watson-Gandy (1989) e Shulman (1991).

2.7.4. Quantidade de Produto e Estágios

Como explicado por Klose e Drexler (2005), os modelos podem ter “n” estágios. Os autores estabelecem a necessidade de examinar o fluxo de mercadoria em estágios hierárquicos, se necessário. Sobre a quantidade de produtos dos modelos, este pode contemplar apenas um

tipo de produto (homogêneo) ou vários tipos de produto, nesse caso modelos de multiprodutos devem ser analisados.

2.7.5. Elasticidade da Demanda

Quando o assunto abordado diz respeito à elasticidade da demanda, Klose e Drexl (2005, p. 5) explicam que “os modelos de localização baseiam-se no pressuposto de que a demanda é inelástica, ou seja, independente das decisões espaciais”. Os referidos autores completam ainda que caso os produtos a serem comercializados tenham uma demanda elástica, esse fator deve ser considerado. Sendo assim, Klose e Drexl (2005) sugerem que em casos como esse a minimização dos custos deva ser substituída por outras variáveis, como maximização da receita, por exemplo.

2.7.6. Certeza

“Os dados são baseados em previsões e, portanto, provavelmente são incertos. Como consequência, temos modelos determinísticos se a entrada for (supostamente) conhecida com certeza ou modelos probabilísticos se a entrada estiver sujeita à incerteza” (Klose & Drexl, 2005, p. 5).

Ainda sob a luz de Klose e Drexl (2005), tem-se os modelos contínuos, categorizados pelos autores com dois atributos tidos como essenciais: possibilidade de aplicar uma estrutura em qualquer ponto do plano e de mensurar distâncias, seja por uma reta ou por medidas euclidianas. O modelo contínuo é apresentado como aquele que objetiva calcular coordenadas para p -instalações, de modo a minimizar a soma das distâncias entre estruturas com respectivas demandas.

2.8. MODELOS

De forma geral, diferentes métodos criam modelos para serem avaliados. Assume-se o conceito de modelo apresentado por Martinand (1996), tendo-os como representações hipotéticas e idealizadas dos referentes empíricos, modificáveis e condicionadas à resolução de problemas específicos, portanto incompleta senão não seria um modelo.

Tavares (1996) explica que um modelo matemático de uma questão de otimização, por exemplo, descreve a essência do problema encontrado, logo, um conjunto de equações a

determinar um conjunto de “n” decisões a serem tomadas. Geralmente os modelos matemáticos têm variáveis de decisão, aqui apresentadas como $X_1, X_2 \dots X_n$, por exemplo. As variáveis podem estar relacionadas em si por uma função matemática que representa a medida da vantagem/desvantagem associada às variáveis de decisões presentes das equações/inequações, que passam a ser denominadas como função objetivo.

Owen e Daskin (1998) compilam uma revisão bibliográfica em relação aos modelos de localização, classificando-os em três grupos, que são: estático-determinísticos, dinâmicos e estocásticos. Em relação aos modelos estocásticos, Mapa (2007) explica que tratam de incertezas de diversos parâmetros do sistema, conhecidos, a exemplo do tempo de viagem, custos e demandas. Por sua vez, os modelos podem ser divididos em dois grupos distintos: abordagem probabilística ou o planejamento de cenários. Mapa (2007) esclarece que quando se trata de uma abordagem probabilística, é considerada a relação da distribuição de probabilidades associada às variáveis aleatórias, as quais são definidas com a abordagem probabilística. O exemplo usado pela autora é o da ambulância que não está disponível em razão de outro chamado prévio (análise da distribuição da probabilidade de ocorrência). Em relação ao planejamento de cenários, a mesma autora explica que são considerados um conjunto de possíveis valores para diversas variáveis, permitindo simulações sobre diversos cenários. A Tabela 7 traz um compilado descritivo dos modelos descritos por Mapa (2007).

Tabela 7 – Modelos estático-determinísticos

Problema	Descrição
Modelo de Medianas	Localizar p instalações nos vértices de uma rede e alocar a demanda a estas instalações, de tal forma a minimizar as distâncias percorridas. Se as instalações são não capacitadas e p é fixo, temos então o problema das p -medianas, onde cada vértice é designado para sua instalação mais próxima. Se p é uma variável de decisão e as instalações são capacitadas ou não capacitadas, isto define o Problema de Localização de Instalações Capacitadas ou Não Capacitadas, respectivamente. Estes modelos são relevantes para o projeto de serviços logísticos e distribuição de cargas.
Máxima Captura	É o problema das p -medianas modificado, onde o objetivo é maximizar o número de novos clientes capturados, levando em consideração a presença de concorrentes.
Cobertura de Conjuntos	Baseia-se na distância ou tempo de viagem máximos aceitáveis, buscando a minimização do número de facilidades necessárias para garantir certo nível de cobertura de clientes. Assume um conjunto finito de localizações. É muito utilizado na localização de serviços públicos, tais como centros de saúde, agências de correio, bibliotecas ou escolas.
Máxima Cobertura	Considerando o caso de um orçamento fixo, os recursos disponíveis são utilizados para atender o máximo possível de clientes cobertos pelo serviço, dentro de uma distância aceitável, localizando um número fixo de instalações. Assume um conjunto finito de localizações.
Modelo de Centros	É um problema minmax cujo objetivo é minimizar a máxima distância entre os pontos de demanda e a facilidade mais próxima. Deseja-se cobrir toda a demanda procurando localizar certo número de facilidades, desde que minimize a distância coberta. Quando a localização da facilidade está restrita ao nó da rede, tem-se o problema de centro de vértice. Caso se permita a localização em qualquer lugar da rede, o problema é de centro absoluto. São modelos principalmente aplicados a serviços de emergência, tais como estação de bombeiros e de ambulâncias.
Localização de facilidades a custo fixo	Problemas que possuem um custo fixo (aquisição, construção) associado à localização de cada área potencial. É uma variante dos problemas das p -medianas.
Modelo de Localização-Alocação	Localizam-se as instalações por um dos métodos já citados e alocam-se fluxos entre as facilidades e as demandas, simultaneamente.
Anti-Mediana	O objetivo é maximizar a distância média entre pontos de oferta e de demanda.
Anti-Centro	O objetivo é maximizar a distância mínima entre pontos de oferta e de demanda. Esta abordagem é muito utilizada ao se localizar aterros sanitários e locais de incineração.

Fonte: Mapa (2007).

Tadaros (2022) discorre sobre a aplicação de modelos matemáticos no processo de decisão de problemas complexos visando encontrar as soluções ótimas. O autor explica que algumas vezes *softwares* podem ser utilizados, enquanto outras situações podem ser resolvidas por modelos matemáticos quantitativos. Várias são as técnicas para otimização e esta dissertação em si não tem por interesse aprofundar-se neste tema em específico, contudo, registra-se que, de acordo com Li *et al.* (2011), há três categorias principais de técnicas, entre elas: algoritmos de heurística, simulação e modelos exatos.

Dentre os algoritmos de heurísticas mais utilizados, ainda sob a luz de Li *et al.* (2011), estão os algoritmos genéticos, busca Tabu, função de Lagrange, Recozimento Simulado, otimização de colônia de formigas e heurística de busca local. A simulação é inserida pelos autores no contexto da avaliação da *performance* de um sistema ou com o intuito de combinar com algoritmos de heurística para chegar próximo das soluções ideais.

Para a criação de um modelo matemático, Li *et al.* (2011) explicam que o problema precisa ser identificado, simplificado, formulado matematicamente, testado, bem como se faz necessário avaliar os resultados. É justamente com esse raciocínio que a presente pesquisa pretende atingir seus objetivos já previamente apresentados.

Compreendido o panorama com as diversas abordagens, este estudo apresenta sequencialmente uma visão mais detalhada de alguns métodos encontrados no conjunto de publicações analisadas, com maior ênfase ao p-medianas, p-centros, cobertura, utilizados para as simulações de acordo com o critério estabelecido na presente metodologia.

2.8.1. Centidian e Medi-center

Abordado por Halpern (1976) como centidian e posteriormente por Handler (1985) como medi-center, este método visa simultaneamente encontrar uma combinação capaz de unir o minsum (mínima soma de distâncias) com objetivos minmax (menor distância máxima).

2.8.2. Problema de Localização Indesejável

Sugerido pelo nome, há circunstâncias onde os clientes desejam ficar longe das estruturas, a exemplo dos aterros sanitários. Sobre este modelo, Revelle e Eiselt (2005, p. 12) pontuam que “os problemas maxisum e maximin correspondentes requerem um conjunto limitado, no qual a localização da instalação deve ser escolhida, pois, caso contrário, a localização ótima se move uma distância infinita dos nós para ser evitados”.

Em sua abordagem sobre problemas de localização quando se envolvem resíduos perigosos, Alumur e Kara (2007) compartilham que há vários objetivos para gerenciar a situação de modo que a operação logística seja segura e econômica.

[...] por exemplo, para uma empresa transportadora, a melhor solução seria aquela com o menor custo, enquanto para o governo, a melhor solução seria aquela com o menor risco. Deve-se selecionar uma solução de compromisso considerando esses diferentes objetivos. (Alumur & Kara, 2007, p. 1.407).

Ainda sob a luz de Alumur e Kara (2007), eles completam que geralmente esse tipo de situação é classificado pela literatura como multiobjetivos com programação linear inteira mista. Zografos e Samara (1990), Revelle *et al.* (1991) e Jacobs e Warmerdam (1994) são autores com publicações neste segmento que propõem modelos que minimizem o tempo de

transporte e os respectivos riscos ou ainda uma combinação entre custo e riscos, além de trabalharem com probabilidade de redução de acidentes.

2.8.3. Modelo Hierárquico

Este modelo é muito aplicado no contexto de saúde pública. Segundo ReVelle e Eiselt (2005), tal modelo pode ser exemplificado no contexto de

[...] um consultório médico (ou talvez apenas um posto de enfermagem) no nível mais baixo, uma pequena clínica no nível imediatamente superior e um hospital de serviço completo no nível mais alto. Cada instalação em algum nível geralmente fornece todos os serviços de uma instalação no nível imediatamente inferior. A questão é então como atender ou cobrir o maior número possível de pessoas dentro das restrições de viabilidade (por exemplo, custo). (Revelle & Eiselt, 2005, p. 13).

Outras aplicações quanto a este tipo de modelo são encontradas no contexto industrial, onde a matéria-prima é extraída em um local e em outro é beneficiada de forma a ser transformada no produto acabado, sendo este segmento de estudo encontrado na publicação de Slats *et al.* (1995).

2.8.4. Problemas de Localização de Competidores

Serra e ReVelle (1999) ressaltam que este tipo de situação auxilia não apenas a tomada de decisão em relação à localização, mas também quanto à decisão de preço, por exemplo. De forma generalista e prática, Revelle e Eiselt (2005) explicam que o objetivo desse tipo de cenário é atingir a posição e o preço que maximizam a captura de mercado em relação aos demais competidores.

Por sua vez, ReVelle (1986) formulou a resolução desse problema como problema de captura máxima, reconhecendo que captura seria uma nova roupagem para o problema de cobertura.

2.8.5. Problemas de Captura

Revelle e Eiselt (2005) explicam que os problemas de redes possuem demandas nos respectivos nós. Para alguns tipos de operações logísticas, como *fast-food*, por exemplo, essa demanda não necessariamente acontece nesses pontos, mas numa área como no trajeto entre a casa e o trabalho de uma pessoa qualquer. Nesse tipo de cenário, Hodgson (1990) abordou o modelo de captura do fluxo, que posiciona a estrutura sobre uma rota de intersecção, modelo

que posteriormente foi revisto por Berman *et al.* (1995). Pelo ponto de visto técnico, há chances de captura duplicada de dados dependendo do trajeto de ir e vir, por isso foram acrescentadas algumas variáveis para que esse efeito fosse evitado.

2.8.6. Problema de *Hub*

Quando a operação em análise requer o transporte entre um grande número de origens e destinos, geralmente se trata de um problema de *hub*, conforme sugerido por Revelle e Eiselt (2005). Geralmente os trajetos diretos são mais caros quando consideradas todas as possibilidades possíveis, assim a mercadoria é transportada da origem ao *hub* que conecta com outros destinos (final ou outro *hub*). Essa abordagem é descrita por O’Kelly (1987) e Campbell *et al.* (2002), quando os autores destacam que o benefício para esse tipo de dinâmica não é positivo sob o viés do custo de transporte, mas também há a viabilização de locais de entregas que não são tão frequentes (sem grande demanda).

De acordo com Tsuchida (2008, p. 28), “O modelo de localização de hubs busca aproveitar a existência de custos menores de movimentação de cargas consolidadas devido à utilização de modais de transporte de maior capacidade e/ou mais rápidos”. Ainda sob a luz do mesmo autor, no modelo de *hub* há a consolidação de cargas num ponto intermediário (*hub*) que distribui para os pontos de demanda. Campbel (1994) corrobora o tema à medida que descreve como pontos onde há transferências, atuando como centros de conexão entre diversas origens e destinos, compondo um fluxo entre cada origem-destino, combinando os atributos de existência de demanda e oferta, distância e custo associado ao movimento de ida e volta.

2.8.7. Cobertura

Introduzido por Churn e Revelle (1974), o modelo de cobertura objetiva identificar a localização para maximizar o número de clientes atendidos, de forma a abranger um raio de abertura ou tempo de serviço com a menor quantidade de estruturas possíveis. Tsuchida completa o objetivo do modelo de forma que haja definição dos locais “de suprimentos cuja distância de um ponto de demanda até a instalação mais próxima seja inferior a um determinado valor” (Tsuchida, 2008, p. 19).

Tsuchida (2008) explica que os modelos de cobertura têm dois modelos básicos, que são de cobertura de conjunto e de máxima cobertura. O autor contextua que quando se trata do modelo de conjunto, “busca-se localizar instalações com o menor custo possível, de maneira

que todos os pontos de demanda possam ser atendidos por pelo menos uma instalação dentro de uma distância máxima desejada” (Tsuchida, 2008, p. 19), ou seja, no modo de cobertura de conjunto busca-se cobrir toda a demanda com o mínimo de estruturas possíveis.

Para a representação matemática, a função objetivo (1) minimiza a quantidade do número de instalações necessárias para atender cada ponto de demanda, sendo que a expressão (2) garante que pelo menos uma instalação vai cobrir cada nó e a terceira (3) trata da variável X_j que receberá zero ou um, requisito de integralidade e binariedade, salvo indicação em contrário.

$$\text{Função objetivo} = \min \sum_j f_j * X_j \quad (1)$$

$$\text{s. a.} \quad \sum_j a_{ij} * X_j \geq 1. \quad \forall_i \quad (2)$$

$$X_j = \{0,1\} \quad \forall_j \quad (3)$$

Em que:

f_j = Custo de localização de uma instalação no local j .

X_j = 1 se existe a instalação em j e 0 se não.

a_{ij} = 1 se a instalação j cobre a demanda do nó i e 0 se não.

Para o modelo de máxima cobertura, o mesmo autor o diferencia, pois há a busca de localizar um número definido de instalações de maneira a maximizar a demanda atendida a uma dada distância, neste caso, tal modelo busca maximizar a cobertura com o número de instalações disponíveis.

$$\text{máx} \sum_j h_i * Z_i \quad (4)$$

$$\text{s. a.} \quad \sum_j a_{ij} * X_j \geq Z_i \quad \forall_i \quad (5)$$

$$\sum_j X_j \leq P \quad \forall_i \quad (6)$$

$$X_j = \{0,1\} \quad \forall_j \quad (7)$$

$$Z_i = \{0,1\} \quad \forall_i \quad (8)$$

Em que:

h_i = demanda do nó i .

P = número de instalações a se localizar.

$a_{ij}=1$ se a instalação j cobre a demanda do nó i e 0 se não.

$X_j=1$ se existe a instalação em j e 0 se não.

$Z_i= 1$ se o nó i é coberto e 0 se não

A aplicação do modelo de coberturas de forma geral é apresentada pelos já referidos autores, sobretudo no contexto de instalações públicas, tais como delegacias, hospitais, de modo a permitir atender dentro de determinado tempo toda uma região, evitando também grandes deslocamentos. Boonmee *et al.* (2017) estabelecem que esse método garante que todas as estruturas estejam em uma distância definida como limite dos pontos de demanda.

2.8.8. P-Dispersão

Apresentado por Kuby (1987), o modelo p-dispersão na prática visa maximizar a distância mínima entre as instalações e os pontos de demanda. Tsuchida (2008, p. 27) esclarece que “o modelo de p-dispersão difere dos demais modelos apresentados, pois busca maximizar a mínima distância entre um determinado número de instalações, sem preocupar-se com o atendimento integral da demanda”.

Kuby (1987) explica que este modelo é utilizado para definir localização de lojas, reduzindo a canibalização entre lojas de *out-let*, por exemplo. Outra aplicação, desta vez citado por Daskin (2008, p. 286), está na armazenagem de armas. Nesse cenário, “é desejável minimizar a probabilidade de que a destruição de qualquer esconderijo afete a distribuição”. De forma geral, o modelo de p-dispersão tenta posicionar as instalações de forma uniforme entre si, onde a distância entre elas e os pontos de demanda seriam semelhantes.

Função objetivo: $\max W$ (9)

$$\sum_j X_j = P \quad (10)$$

$$W + (M - D_{ij})X_i + (M - d_{ii})X_j \leq 2M - d_{ij} \quad \forall_{i,j \text{ e } i < j} \quad (11)$$

$$X_j = \{0,1\} \quad \forall_j \quad (12)$$

Em que:

P = número de localizações a se localizar.

D_{ij} = distância entre a instalação i e a instalação j .

CENTROS = Máxima distância entre duas instalações.

$X_j = 1$ se existe a instalação em j e 0 se não.

M = Constante de valor alto.

W = Menor distância entre posições

2.8.9. Modelo Gravitacional (Centro de Gravidade)

O modelo gravitacional, também encontrado em publicações acadêmicas como método de centro de gravidade ou método centroide, é colocado por Bowersox e Closs (2014) como método exato que procura minimizar a soma das distâncias dos pontos de demanda e de instalações. Este modelo visa encontrar o melhor ponto no eixo x e y (possível equivalência a latitude e longitude) para definição do ponto ideal para instalação da instalação.

$$x = \frac{\sum V_i . C_i . x_i}{\sum V_i . C_i} \quad (13)$$

$$y = \frac{\sum V_i . C_i . y_i}{\sum V_i . C_i} \quad (14)$$

Onde, V_i : volume transportada para o local i ;

C_i : custo por unidade de volume transportado para o local i ;

x_i : coordenadas na direção x do local i ;

y_i : coordenada na direção y do local i ;

O uso do modelo gravitacional é amplamente observado nas publicações, Oi, Nogueira, Silva, Fontebasso e Khali (2017) apresentam a aplicação do método determinando a localização de um Centro de Distribuição logístico de uma empresa distribuidora hospitalar. Outro exemplo é ilustrado por Rosa, Abreu e Pedrozo (2016), quando o método foi aplicado dentro do contexto de um CD de uma concessionária de energia. O modelo gravitacional é um modelo contínuo onde x e y representam um ponto no espaço, não restringindo possíveis localizações, mas direcionando para o ponto que resultará no melhor resultado objetivo.

2.8.10. P-Centros

Diferente do modelo apresentado anteriormente, o modelo de P-Centros não almeja a redução da soma das distâncias percorridas. Nesse modelo, o objetivo central é alocar p-instalações de modo que tenham a distância máxima reduzidas, ou seja, o intuito é que o ponto mais distante da estrutura seja mínimo, por isso é conhecido como um modelo minmax. Klose e Drexel (2005) explicam que há aplicação sobretudo no setor público, a exemplo da escolha da localização de uma base do serviço de urgência hospitalar. Nesse caso, o custo em si não é o fator decisório, mas o tempo de acesso até essa instalação. Boonmee *et al.* (2017) corroboram seguindo linha de pensamento semelhante e completam que o modelo de p-centros tenta minimizar o ponto mais distante. Os autores explicam que o foco desse modelo está em como o ponto de demanda será atendido pela estrutura mais próxima e como os demais pontos de demanda serão atendidos.

Diferente do modelo de P-medianas, Klose e Drexel (2005) contextualizam que o modelo de p-centro não pode restringir às possibilidades ao ponto de nó.

Arenales *et al.* (2007, p. 201) explicam que o modelo de p-centros “admite variações do modelo básico. O problema de p-centros-nós restringe os nós de facilidades aos nós de clientes, enquanto o problema de p-centros-absolutos permite que os nós de facilidades estejam em qualquer lugar dos arcos que ligam nós de clientes”.

Cirino (2016) propõe a seguinte formulação para este tipo de modelo.

Função objetivo: minimizar $d_{\max}$ (distância máxima)

Sujeito a

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

$$\sum_j X_j = p \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

$$Y_{ij} \leq X_{ij} \text{ para todo } i \text{ e } j \quad (17)$$

$$w \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad (18)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \quad (19)$$

$$Y_{ij} \in \{0, 1\} \quad (20)$$

Onde $d_{\max}$ é a máxima distância entre os nós de demanda e o local onde a facilidade foi instalada; $d_{[ij]}$ é a matriz, simétrica ou assimétrica, de distâncias, ou de custos; p é o número de centros que se deseja localizar e é o número de pontos considerados no sistema; X_j é uma

variável binária e possui valor de 1 caso faça parte da solução e caso contrário, 0; Y_{ij} é igual a 1 caso a demanda seja atendida pelo centro localizado em e e caso contrário, 0. Para i e j , tratam-se de vértice de um grafo.

Tsuchida (2008) apresenta o modelo de p-centros descrevendo que

Os problemas de centro nos vértices são resolvidos iterativamente, adotando-se inicialmente valores de limite inferior e superior para a distância e resolvendo-se o problema de cobertura, cuja distância é definida como a média entre esses dois limites. Caso a solução desta seja um número de instalações inferior ou igual ao desejado, substitui-se o limite superior pelo valor utilizado; caso o número seja maior, substitui-se o limite inferior, até que ambos os limites sejam iguais. (Tsuchida, 2008, p. 22).

2.8.11. P-Medianas

A proposta das p-medianas foi introduzida por Hakimi (1964), buscando naquele momento definir a localização de instalações que minimizassem a distância média entre elas e os pontos de demanda, ou seja, localização onde o somatório das distâncias percorridas fosse minimizado, dada a importância do custo de transporte no âmbito logístico.

Ainda sob a luz do mesmo autor, este estabeleceu dois teoremas: o primeiro trata da existência um ponto de uma rede que minimiza a soma ponderada das distâncias mais curtas de todos os vértices a esse ponto, que é igualmente vértice da rede; o segundo trata o caso de se escolher p pontos centrais (problema p-mediana). Existe um conjunto de p pontos (vértices da rede) que minimiza a soma das distâncias ponderadas de todos os vértices aos mais próximos de p pontos da rede. Por sua vez, corroborando o tema, Naglis (1999) descreve que o modelo de p-mediana utiliza como medida de custo o produto entre a demanda no nó i e a distância do nó i à instalação mais perto.

Owen & Daskin (1998) propõem que o modelo de p-medianas é o estático-determinístico que representa a maioria das aplicações práticas. Klose e Drexler (2005) explicam ainda que dentre os modelos contínuos, há o modelo apresentado por Weber, denominado como p-medianas, onde os menores caminhos são processados em uma rede de distribuição. No modelo de p-medianas, p estruturas tem que ser locadas no plano e a soma das distâncias entre os nós do plano e onde as instalações estão localizadas são minimizadas. ReVelle e Eiselt (2005) sinalizam convergência com o proposto, uma vez que para os autores “o ponto que minimiza os custos de transportes são tipicamente situados no ponto mediano de uma rede”.

Tsuchida (2008) contribui para a exposição do modelo de p-medianas e explica que

Estes modelos podem considerar que instalação possui uma capacidade máxima de atendimento ou não. No primeiro caso, pode-se ter mais de uma instalação para atender a um ponto de demanda; no segundo caso, quando não há limitação na capacidade, um ponto de demanda acaba sendo atendido por apenas uma instalação (Tushchida, 2008, p. 23).

Sebastian *et al.* (2022) explicam que o problema de p-medianas é um modelo que determina a localização minimizando a distância média de pontos, geralmente utilizado quando há necessidade de redução da distância percorrida.

De acordo com Arenales *et al.* (2007), há a seguinte formulação matemática para os problemas de p-medianas:

J = conjunto de nós j que representam os clientes, $j=1,...,m$.

I = conjunto de locais i candidatos à localização de facilidades, $i=1,...,m$.

q_j = demanda do cliente j .

d_{ij} = distância do cliente j à facilidade localizada em i .

c_{ij} = custo de atender à demanda q_j a partir da facilidade localizada em i .

f_i = custo fixo de instalação de uma facilidade em i .

Q_i = capacidade da facilidade instalada no local i .

$Y_i = 1$, se a facilidade é aberta no local i , ou $Y_i = 0$, caso contrário.

$$\text{Função objetivo: } \min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (21)$$

A função objetivo almeja minimizar o somatório do produto de custo por distâncias (abordagem minsum apresentada anteriormente).

Ainda são apresentadas quatro restrições:

$$\sum_{i \in I} X_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (22)$$

$$X_{ij} \leq Y_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (23)$$

$$\sum_{i \in I} Y_i = p \quad (24)$$

$$X \in B^{|I||J|}, Y \in B^{|I|} \quad (25)$$

Em tempo, tem-se a função objetivo minimizando o custo total. A primeira restrição (22) garante que cada cliente j é atendido por uma única facilidade. A segunda restrição (23) assegura que cada cliente j só pode ser designado a uma facilidade aberta no local i . Já a terceira

(24) restrição indica que exatamente p facilidades são abertas, e a última restrição (25) representa o tipo das variáveis (Arenales *et al.*, 2007).

Conceitualmente, de acordo com Lorena (2003), ele não é de todo complexo, entretanto apresenta um número muito grande de soluções e não é sempre possível resolvê-lo de forma ótima. Por ser simples e com nível de facilidade para uso considerado fácil (embora trabalhoso) e considerando a quantidade finita de possibilidades para criação de um novo CD.

O segundo capítulo se finda após discorrer sobre diversos temas que abordam desde a contextualização da cooperativa com seu papel fundamental em operar de forma a maximizar sobras que por sua vez melhor remunerarão os cooperados, passando por conceiros de custos diretos, indiretos e despesas, incluindo aqueles inerentes ao tema de logística e cadeia de suprimentos: estoques, armazenagem, transporte e custo total. A segunda metade deste capítulo focou nas parciularidades do transporte de produtos químicos, considerados perigososos, e dos modelos de localização de estruturas logísticas, que, junto com o custo de transportes, são essenciais para a execução de todo o estudo proposto frente ao cenário da cooperativa considerada.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo é dedicado a apresentar os processos previstos a serem adotados para desenvolvimento do estudo proposto. Adota-se a definição de Ciribelli (2003) para a definição de método científico, o qual o trata como conjunto de etapas e instrumentos pelo qual o pesquisador direciona seu trabalho com critérios para alcançar dados que suportam sua teoria.

As hipóteses, tipo de pesquisa, assim como as técnicas de análise, coleta de dados e variáveis são apresentadas a seguir.

3.1. DELINEAMENTO DE PESQUISA

A definição da pesquisa segue a contextualização de Silva e Menezes (2005), os quais a classificam em diferentes abordagens, ou seja, de natureza, abordagem da problemática, objetivos e procedimentos técnicos.

Em relação à natureza, a pesquisa aplicada é a que melhor se enquadra dado que objetiva gerar conhecimentos de aplicação prática em problemáticas específicas, ou seja, envolve questões e interesses reais. Conforme exposto por Thiollent (2009), a pesquisa aplicada envida esforços ao redor de problemas reais das organizações. Esse tipo de pesquisa se empenha na elaboração de diagnósticos e propõe soluções reais para as questões identificadas, ou seja, responde a uma demanda existente formulada por “clientes, atores sociais ou instituições” (Thiollent, 2009, p. 36).

Quanto aos objetivos, por sua vez, têm caráter predominante descritivo, registrando fatos e analisando-os, para Vergara (2000, p.27), este tipo de pesquisa expõe características de uma população e/ou de um fenômeno, sem comormisso de explicar o fenômeno em si, mesmo que sirva de base para explicações.

Quanto aos procedimentos, tem-se a abordagem de uma pesquisa de literatura, considerando o levantamento de metodologias de definição de localização de centros de distribuição. Ao mesmo tempo, a abordagem experimental também é encontrada, assumindo a proposição da existência da possibilidade da redução de custos com a instalação de um novo CD.

Completando a pesquisa, trata-se ainda de um estudo de caso, que converge para a proposição de Yin (2011, p. 23) quando afirma que se trata de um método que permite ao pesquisador lidar com uma variedade diversa de evidências originadas da análise documental, visitas técnicas, entrevistas e observações variadas. Para tanto, será elaborado um protocolo

estruturado de pesquisa conforme proposto por Yin (2011).

Já em relação à problemática, tratando-se de um estudo de caso, este por sua vez se estabelece sob o viés qualitativo. Melo Júnior e Moraes (2018) explanam que “uma pesquisa qualitativa remete um contato direto entre o pesquisador com os sujeitos participantes no intuito de compreender suas particularidades que são influenciadas pelo contexto no qual os participantes estão inseridos”. Yin (2011) completa a pesquisa qualitativa como função de realizar diagnósticos detalhados sobre determinado problema. A proposta quantitativa também é encontrada principalmente na revisão sistemática, sendo assim, propõe-se uma abordagem mista, quanti-qualitativa, defendida por Creswell (2003) nas aplicações em pesquisas pragmáticas, ainda que prevaleça o viés qualitativo frente ao estudo de caso.

Ainda sob a luz de Yin (2011, p. 32), trata-se de “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”, razão pela qual não há definição para população e amostra.

3.2. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISE DE COLETA DE DADOS

Projetos de pesquisa exigem a coleta de dados e que conclusões a partir desses sejam tiradas às questões iniciais de um estudo (Yin, 2011, p. 40). Com efeito, para o estudo ora proposto, planeja-se o uso de diversas ferramentas de análise.

3.2.1. Validação do Cenário

A etapa que levanta e valida o contexto a ser estudado é fundamental para que o estudo seja conduzido de modo a atingir todos os objetivos elencados para tal. Para isso, seleciona-se a ferramenta de entrevistas em profundidade. Esse instrumento é apresentado por Hair Junior *et al.* (2010), descrevendo o envolvimento de um entrevistador treinado que faz um conjunto de perguntas semiestruturadas e de sondagem a um respondente.

No estudo desenvolvido, a principal ferramenta para validação do cenário a ser estudado foi a entrevista em profundidade. A entrevista em profundidade, de acordo com Hair Junior *et al.* (2010), envolve um entrevistador orientado para a compreensão de cenários que com um conjunto de perguntas semiestruturadas, sobretudo de sondagem, que visa estimular a obtenção de informações mais detalhadas do entrevistador. Hennink *et al.* (2011) explanam sobre o aprofundamento da conversa em determinado tema com um propósito específico.

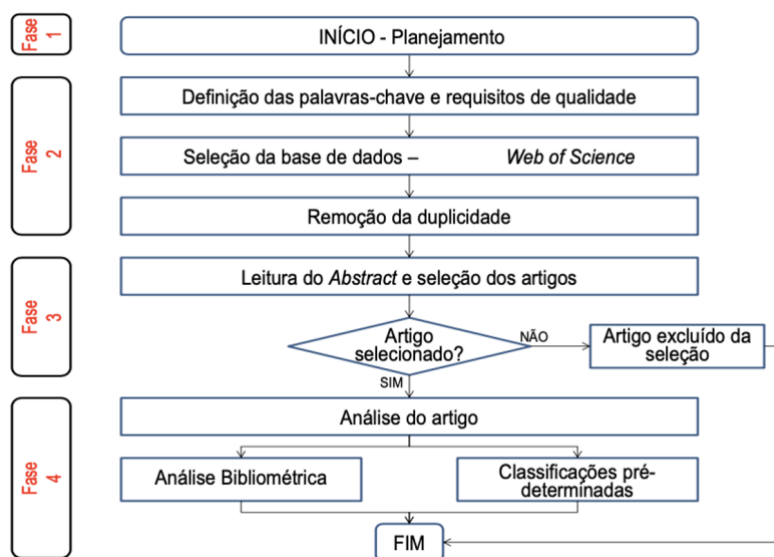
A pesquisa desenvolvida envolveu gestores diretamente relacionados à logística da cooperativa examinada, cuja finalidade foi identificar os fatores caracterizados como importantes a serem estudados no processo de determinação de um novo centro de distribuição. Especificamente para o presente estudo, os dois gestores escolhidos para entrevista foram aqueles que tratam diretamente com o dia a dia da logística de distribuição de insumos agrícolas e do gerente geral de logística da cooperativa, permitindo a compressão macro e estratégica do negócio como um todo.

A entrevista foi realizada de modo virtual, respeitando a disponibilidade dos entrevistados. Os dados foram transcritos para análise de conteúdo, técnica apresentada por Bardin (2016) que se estrutura em três fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferências e interpretação.

3.2.2. Revisão Sistemática

Alinhado com o primeiro objetivo específico, esta é a etapa do estudo para compreender a produção acadêmica sobre o tema abordado, permitindo a identificação de métodos a serem oportunamente aplicados no desenvolvimento da pesquisa. Em primeiro momento, acompanhando Kitchenham e Charters (2007), foi realizada uma revisão de literatura, teórica e empírica, adotando-se uma metodologia para identificar e interpretar de maneira imparcial as evidências disponíveis. Para a revisão proposta, apoia-se em Yoshizaki *et al.* (2021), sendo desenvolvidas quatro etapas fundamentais: planejamento, pesquisa, triagem e extração, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Fluxograma com etapas da revisão de literatura



Fonte: Adaptado de Yoshizaki *et al.* (2021, p.1171).

Na fase inicial, tem-se a definição das perguntas de pesquisa para a presente revisão de literatura. Nesse caso: quais os modelos mais discutidos em publicações acadêmicas?

Sequencialmente, como segundo passo/fase, há a determinação das palavras-chave a serem utilizadas, a fim de tentar direcionar a revisão sistemática para um conjunto de respostas para a questão destacada. As regras que nortearão a busca das publicações será:

- Palavras-chave de autor = “Facility Location model”.
- Ou palavras-chave de autor = “location-allocation method”.
- E em um dos campos conter = “review”.

Os critérios de busca direcionam para que modelos e métodos de problemas de localização sejam percebidos no sistema de busca, além de a palavra “review” enfatizar publicações que debatam ou tragam referências teóricas sobre os modelos, convergindo com o planejamento dessa revisão bibliométrica.

A base de dados selecionada para a pesquisa foi a *Web of Science*, sob o critério de ser internacionalmente conhecida. Realizada a busca, a terceira etapa contempla a triagem dos textos com a leitura dos respectivos *abstracts* com o critério de seleção: “É abordado um modelo de localização de instalação logística? Se sim, qual?”. O registro dessa classificação pode ser executado em *softwares* de registro de dados, a exemplo do Microsoft Excel.

De forma paralela e complementar, os dados dos artigos selecionados foram processados em *software* especializado. Para esse estudo, foi utilizado o Biblioshiny, *software* que possibilita o mapeamento e a análise de dados de forma objetiva. A evolução dos trabalhos sobre a temática do estudo e demais informações sobre eles foram obtidas a partir dessa análise

de *software*.

Tanto os dados da triagem quanto aqueles obtidos a partir do Biblioshiny permitiram identificar os modelos mais estudados. Após seleção dos textos triados, até para maior aprofundamento sobre os temas, foi realizada a leitura na íntegra dos textos, enumerando os métodos abordados em cada uma das publicações. Os modelos que mais dialogam com os objetivos do cenário proposto foram simulados com os dados da cooperativa estudada e os resultados comparados para que os objetivos desta pesquisa fossem alcançados.

3.2.3. Simulações

O segundo objetivo específico é atendido com a etapa de simulações e, para tal, destaca-se que o cenário analisado assume uma série de premissas, alinhadas com os dados coletados durante a realização das entrevistas em profundidade. São elas:

a. Dado que o custo de transporte representa mais de 70% do custo operacional total, o melhor modelo é aquele que resultar no menor custo de transporte.

b. Na operação estudada, o custo do transporte é baseado em distância percorrida, ou seja, o menor somatório das distâncias de trajeto tende a viabilizar a operação logística menos onerosa.

c. O transporte dos defensivos químicos se dá apenas via modal rodoviário, única opção cogitada dado à periculosidade do tipo de produto (um acidente aquaviário não pode existir sob pena de poluição de recursos hídricos de toda uma bacia hidrográfica, por exemplo), volume de carga e inexistências de demais alternativas ferroviárias que viabilizem a particularidade da operação em questão.

d. A cooperativa já dispõe de filiais às quais têm capacidade de instalação de uma estrutura de distribuição, as quais são priorizadas na escolha caso a localização ideal não seja uma cidade onde há uma estrutura preexistente da cooperativa. A opção de instalação em uma cidade diferente de onde a cooperativa tem instalação pode ser avaliada para a finalidade de comparativo de custos.

e. O custo total da operação é composto pelo somatório de custos fixos, custos variáveis, quantidade investimentos necessários para viabilizar o investimento.

Compreendido o panorama encontrado, de posse das informações dos modelos de localização de instalações mais listados apontados na revisão sistemática, simulações com os três principais métodos são aplicadas de modo que os objetivos delimitados para o presente estudo sejam atingidos.

Ao encontro da proposição estão a análise estatística descritiva e simulações em *Microsoft Excel* e *Minitab* para identificação de correlações e estudo das variáveis de modo a viabilizar as conclusões a partir do estudo projetado.

A cooperativa disponibilizou os dados de volume de carga, faturamento e demais dados necessários durante o desenvolvimento da pesquisa. Os dados de localização, distâncias e pedágios são coletados pela plataforma qualp (<http://centros.qualp.com.br>), utilizada no dia a dia das empresas, inclusive da cooperativa estudada.

Para todo o estudo, quando necessário, são utilizados dados secundários, tais como características de cargas, demandas, fornecedores e peso dos produtos que fazem parte da operação logística estudada. Fontes do IBGE, ANTT, entre outras agências oficiais do governo e/ou institutos de estatística e pesquisa, também podem ser utilizadas, assim como documentos internos da cooperativa.

Para viabilização das simulações, organizou-se o banco de dados em um arquivo excel composto pelas unidades da cooperativa estudada com respectivas demandas de consumo (toneladas) no período, o mesmo dispondo a distância entre as unidades da cooperativa e os respectivos fornecedores. O produto entre as tabelas permitem identificar aqueles que melhor atendem ao método estudado.

3.2.4. Variáveis

Em operações logísticas e em qualquer empreendimento, duas variáveis estão sempre em voga, definindo grande parte das estratégias operacionais: custo e tempo. Custo total como variável dependente e tempo como independente. O foco do estudo está centrado em custos e o melhor método tende a ser o menor custo total, portanto, a variável do trabalho é o custo total para operação logística estudada. A variável tempo é descartada, pois se entende, após entrevistas, que o custo para o modelo de negócio em questão sobressai em relação ao tempo, considerando a capacidade de planejamento operacional e do menor impacto deste uma vez que, considerando as distâncias máximas entre filiais, dificilmente o deslocamento seria superior a 24 horas.

Ainda com o intuito de elucidar as variáveis estudadas, tem-se as definições teóricas e as operacionais. De um lado, Martins e Pelissaro (2005, p. 82) explicam que “uma definição constitutiva ou conceitual define palavras com outras palavras”, enquanto Mello (2004) traz que as definições operacionais especificam as atividades ou mecanismos necessários para o pesquisador realizar a medição, o cálculo ou a manipulação.

Definições teóricas da variável Custo: todos os recursos consumidos especificamente na produção de bens ou serviços da empresa, como pessoal e a matéria-prima em si. Para a conjuntura operacional custo, é compreendido como todo recurso despendido para que a operação logística ocorra: estrutura física, pessoas, combustível, pedágios, entre outros. (Padoveze, 2013).

Definição operacional da variável Custo: somatório dos custos de transporte, investimentos em infraestrutura, locação de equipamentos, mão de obra e de capital.

Como forma de subsidiar uma análise mais completa, contextualizando melhor as operações logísticas de forma geral, adota-se a abordagem proposta por Pardo (2011), o qual discorre que a gestão de custos logísticos está relacionada com modelos específicos de processamento de variáveis, ou seja, de forma indireta, o autor sugere que os custos estão relacionados com indicadores operacionais.

Em relação especificamente ao custo de transporte, é considerado o somatório do custo relacionado ao pagamento do transporte de mercadoria por quilômetro rodado e por tonelada transportada.

$$\text{Custo de Transporte} = \sum_{c=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nj} F_{cj} \cdot Q_{cj}$$

Onde:

F_{cj} = Custo do frete por tonelada e quilômetro;

Q_{cj} = Quantidade de produto em toneladas transportada.

Custo de investimentos é o valor despendido para a locação e/ou compra de equipamentos e estruturas, ou seja, todo capital direcionado para a aquisição ou criação de recursos a serem usados na distribuição e comercialização de bens e serviços. Para a definição do custo de investimento, são considerados ainda o custo de construção e o custo de reforma do metro quadrado, multiplicado pela área considerada para ampliação/construção, estimados a partir de obras executadas no último ano pela cooperativa estudada.

Outros custos podem ser acrescidos no custo total após as entrevistas previstas na presente pesquisa, de forma a possibilitar melhor verossimilhança para com o que de fato acontece no dia a dia das organizações que precisam estudar a melhor localização para instalação de um novo centro de distribuição.

3.2.5. Etapas da Pesquisa

A pesquisa na prática envolveu uma série de atividades e tarefas, algumas já apresentadas, outras melhor detalhadas neste item.

Etapas 1. Revisão sistemática: conforme já descrito, tal etapa permitiu identificar os métodos mais desenvolvidos na literatura acadêmica.

Etapas 2. Entrevista em profundidade: identificação e validação do cenário e particularidades a serem consideradas e estudadas.

Etapas 3. Levantamento de dados: em contato com os gestores da cooperativa, houve a negociação dos dados necessários para o estudo. Nessa etapa, foram dois meses de diálogos para que o levantamento pudesse ser realizado e validado. Em suma, os dados disponibilizados foram as demandas de produtos de cada unidade (em toneladas), quantidade de produto recebida nos diversos estabelecimentos (em toneladas), custos de construção e reforma de estruturas de armazenagens (custo por posição), custos de transporte (km/ton) e detalhamento das unidades viáveis para adequação e/ou construção de um novo CD.

Além disso, ainda na etapa de levantamento de dados, não envolvendo diretamente o empreendimento cooperativo, foram coletados dados essenciais para as simulações dos cenários estudados, entre eles as coordenadas geográficas (latitude e longitude) das unidades da cooperativa e fornecedores, além das distâncias entre unidades da cooperativa e das unidades dos fornecedores, assim como o custo praticado por quilômetro da carga transportada, tanto entre unidades quanto dos fornecedores para a cooperativa.

Etapas 4. Organização de dados, simulações e análise. Os dados coletados durante as etapas anteriores foram organizados no Microsoft Excel, de modo a permitir que os cenários fossem simulados. Entre os bancos de dados trabalhados, tem-se: demanda de produtos por filial, quantidade de produto recebido por filial, distâncias entre filiais, localização e quantidade de produto comprada por cidade de origem, produto da demanda de cada unidade pela distância das cidades candidatas, além dos respectivos produtos da demanda de cada unidade pela distância das cidades candidatas e pelo custo do quilômetro percorrido por tonelada.

3.3. PRESSUPOSTOS DE PESQUISA

Presume-se a existência de um modelo mais eficiente para definição de localização de um novo CD, otimizando a operação de distribuição logística de insumos sob a ótica de custos, sobretudo de transporte, permitindo a análise de cenários (simulações) que evidenciam seus efeitos.

Os pressupostos da presente pesquisa contemplam:

a. A revisão sistemática permite a identificação dos principais modelos para a definição de localização de instalações logísticas.

b. A localização do centro de distribuição, assim como de fornecedores e clientes, definindo a quilometragem percorrida na operação logística estudada, impacta os custos totais.

c. As simulações de cenários permitem identificar o melhor modelo de localização para a otimização dos custos no processo de implantação de um novo centro de distribuição da cooperativa agroindustrial do Paraná estudada.

d. A localização que requer menor quantidade de recursos financeiros para o cenário proposto é evidenciada pelos resultados obtidos pelas simulações realizadas.

4. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISE DE MÉTODOS MAIS CITADOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA

Como atividade inicial da revisão sistemática, o mapeamento dos trabalhos publicados em relação aos modelos de localizações de instalações foi realizado, o qual ocorreu na base de dados *Web of Science* – WoS (Clarivate, 2023), escolhida sob o critério de ser uma base internacional, aumentando a amplitude do espectro estudado. Os parâmetros utilizados na plataforma foram publicações com as expressões “*Facility Location Model*” ou “*Location-Allocation Method*”, com a palavra-chave “*review*”. O critério de seleção das palavras-chaves considerado foi escolhido dado o indicativo para revisões teóricas sobre o tema de modelos e métodos de localização de instalações sem direcionar para um ou outro modelo, permitindo uma visão mais ampla do que vem sendo publicado sobre o tema. Com efeito, os textos selecionados sempre abordaram a temática proposta. Todo procedimento dessa revisão sistemática encontra-se disponível na metodologia da presente dissertação.

Para processamento, organização e análise dos mapeamentos científicos, foi utilizada a ferramenta BIBLIOMETRIX, programação em linguagem R *open-source*, que permite um fluxo de trabalho bibliométrico lógico e ainda há disponibilização dos dados em gráficos e tabelas (Aria & Curccurullo, 2017). Dentre as possibilidades de análise dos dados oriundos do *Web of Science* (WoS) no Biblioshyne (aplicação do bibliometrix), há possibilidade de exploração das seguintes variáveis: ano de publicação, periódicos, autores, citações, países, áreas temáticas, áreas de pesquisa, entre outros.

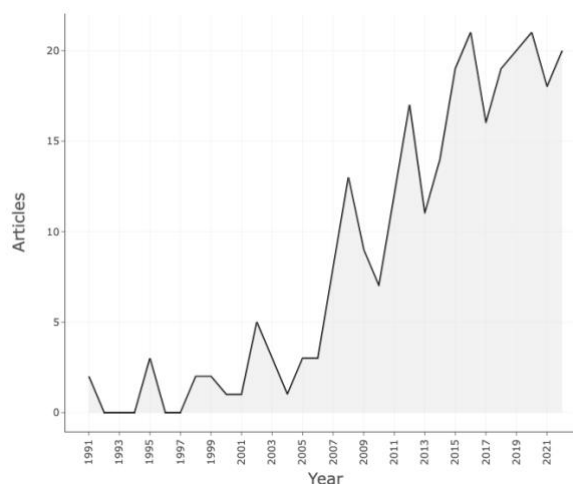
A revisão sistemática resultou em 278 publicações, entre os anos de 1991 e 2022, envolvendo 708 autores distintos de 169 repositórios, entre eles o *European Journal of Operational Research* (estrato A1 para o QualiCapes).

A ferramenta Biblioshiny permitiu identificar a quantidade de citações de cada publicação, totalizando 5.596 citações. A quantidade de citações foi selecionada como critério para viabilizar o presente estudo. Seguindo o princípio de Pareto adaptado, as 18 publicações mais citadas contemplam 50% do total de citações, das quais 11 foram classificadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) como classificação A1 ou A2 (61,1%), categoria que segundo a Capes (2022) é indicativa de qualidade elevada (os dois maiores entre as 9 classificações possíveis).

A Figura 11 mostra a quantidade de publicações selecionadas na revisão sistemática, no decorrer do tempo, registrando um crescimento significativo a partir de 2009. Em relação à

origem de respectivas publicações, a Tabela 8 registra os países com maior número de publicações com as palavras-chaves pesquisadas. Nota-se que o Brasil se encontra na décima primeira posição, com Japão e Singapura.

Figura 11 – Evolução e publicações resultante da pesquisa



Fonte: Biblioshine (2023).

Tabela 8 – Publicações por país

País	Qt. Publicações	%	% Acumulado
China	64	23%	23%
Estados unidos	44	16%	39%
Irã	18	7%	46%
Turquia	12	4%	50%
Canadá	11	4%	54%
Índia	10	4%	58%
Portugal	9	3%	61%
Alemanha	8	3%	64%
Coreia do Sul	8	3%	67%
Holanda	8	3%	70%
Brasil	7	3%	72%
Japão	7	3%	75%
Singapura	7	3%	77%
Áustria	5	2%	79%
Bélgica	4	1%	80%

Fonte: o autor (2023).

O conjunto de textos selecionados está apresentado na Tabela 9. Dentre as palavras mais citadas em respectivos *abstracts*, de acordo com o levantamento realizado, os modelos de cobertura, na sequência o p-mediana é o que mais se destaca, seguido dos modelos de centro de gravidade (modelo gravitacional), entre outros, conforme levantamento realizado após a triagem das publicações com a respectiva leitura e enumeração dos métodos abordado. Outros termos que não se limitam aos métodos também recebem destaque e contemplam

programação linear, custo de transporte, otimização logística, custo total, centro de distribuição, nível de serviço, entre outros.

Tabela 9 – Publicações resultantes da revisão sistemática

DOI	Autores	Recurso	Qt.	Título
10.1016/j.ejor.2003.10.031	KLOSE A;DREXL A	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	511	FACILITY LOCATION MODELS FOR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN
10.1016/j.ejor.2003.11.032	REVELLE CS; ESELT HA	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	389	LOCATION ANALYSIS: A SYNTHESIS AND SURVEY - INVITED REVIEW
10.1007/s00186-011-0363-4	LI XP;ZHAO ZX;ZHU XY;WYATT T	MATHEMATICAL METHODS OF OPERATIONS RESEARCH	199	COVERING MODELS AND OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR EMERGENCY RESPONSE FACILITY LOCATION AND PLANNING: A REVIEW
10.1016/j.cor.2005.06.012	ALUMUR S;KARA BY	COMPUTERS & OP.RESEARCH	180	A NEW MODEL FOR THE HAZARDOUS WASTE LOCATION-ROUTING PROBLEM
10.1016/j.ejor.2005.03.076	SNYDER LV;DASKIN MS;TEO CP	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	167	THE STOCHASTIC LOCATION MODEL WITH RISK POOLING
10.1016/j.ijdr.2017.01.017	BOONMEE C;ARIMURA M;ASADA T	INTERNATIONAL JOURNAL OF DISASTER RISK REDUCTION	160	FACILITY LOCATION OPTIMIZATION MODEL FOR EMERGENCY HUMANITARIAN LOGISTICS
10.1016/S0360-8352(99)00168-0	LOUWERS D;KIP BJ;PETERS E;SOUREN F;FLAPPER SDP	COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING	144	A FACILITY LOCATION ALLOCATION MODEL FOR REUSING CARPET MATERIALS
10.1023/A:1015641514293	REVELLE CS;WILLIAMS JC;BOLAND JJ	ENVIRONMENTAL MODELING & ASSESSMENT	123	COUNTERPART MODELS IN FACILITY LOCATION SCIENCE AND RESERVE SELECTION SCIENCE
10.1002/nav.20284	DASKIN MS	NAVAL RESEARCH LOGISTICS	121	WHAT YOU SHOULD KNOW ABOUT LOCATION MODELING
10.1016/j.cie.2013.12.005	FARAHANI RZ;HEKMATFAR M;FAHIMNIA B;KAZEMZADEH N	COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING	112	HIERARCHICAL FACILITY LOCATION PROBLEM: MODELS, CLASSIFICATIONS, TECHNIQUES, AND APPLICATIONS
10.1287/opre.1030.0096	TEO CP;SHU J	OPERATIONS RESEARCH	109	WAREHOUSE-RETAILER NETWORK DESIGN PROBLEM
10.1016/j.ejor.2006.07.021	ABOOLIAN R;BERMAN O;KRASS D	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	105	COMPETITIVE FACILITY LOCATION AND DESIGN PROBLEM
10.1016/j.ijpe.2007.10.017	THANH PN;BOSTEL N;PETON O	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	100	A DYNAMIC MODEL FOR FACILITY LOCATION IN THE DESIGN OF COMPLEX SUPPLY CHAINS
10.1016/j.trc.2016.02.003	HE SY;KUO CENTROS;WU D	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES	93	INCORPORATING INSTITUTIONAL AND SPATIAL FACTORS IN THE SELECTION OF THE OPTIMAL LOCATIONS OF PUBLIC ELECTRIC VEHICLE CHARGING FACILITIES: A CASE STUDY
10.1016/j.jtrangeo.2012.01.006	COUTINHO-RODRIGUES J;TRALHAO L;ALCADA-ALMEIDA L	JOURNAL OF TRANSPORT GEOGRAPHY	84	SOLVING A LOCATION-ROUTING PROBLEM WITH A MULTIOBJECTIVE APPROACH: THE DESIGN OF URBAN EVACUATION PLANS
10.1016/j.cie.2014.08.004	NEKOOGHADIRLI N; TAVAKKOLI-MOGHADDAM R;GHEZAVATI VR;JAVANMARD S	COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING	81	SOLVING A NEW BI-OBJECTIVE LOCATION-ROUTING-INVENTORY PROBLEM IN A DISTRIBUTION NETWORK BY META-HEURISTICS
10.1016/j.ejor.2014.07.024	MESTRE AM;OLIVEIRA MD;BARBOSA-POVOA AP	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	76	LOCATION-ALLOCATION APPROACHES FOR HOSPITAL NETWORK PLANNING UNDER UNCERTAINTY
10.1287/msom.2013.060	EKICI A;KESKINOCAK P;SWANN JL	M&SOM-MANUFACTURING & SERVICE OP.MANAGEMENT	66	MODELING INFLUENZA PANDEMIC AND PLANNING FOOD DISTRIBUTION

Fonte: o autor (2023).

As publicações analisadas abordam diferentes perspectivas em relação à localização de estruturas logísticas nas mais diversas aplicações, seja para um centro de distribuição logístico de produtos oriundos da indústria, seja também na localização de pontos de abastecimento de carros elétricos ou, ainda, para a instalação de estrutura para suprimentos em casos de tragédias no contexto da logística humanitária. Cada abordagem, independentemente da roupagem e da aplicação, tem um objetivo específico, porém há convergência quando se aborda a questão estratégica do sistema de distribuição. ReVelle e Eiselt (2005, p. 1) completam que “há várias formulações com diferenças e similaridades entre outras, mas as particularidades de cada problema é o que alimenta as investigações”.

A Tabela 10 apresenta um resumo dos métodos citados nas publicações selecionadas. Dentre os métodos citados nas publicações consideradas, o modelo de p-medianas e o de p-centros/máxima cobertura foram os mais desenvolvidos.

Tabela 10 – Publicações por modelo de localização

Modelo	Qtd Publicações	%
<i>P-Median</i>	13	33%
<i>P-Center/Covering Models</i>	8	21%
<i>Gravity Center</i>	3	8%
<i>Capture problems</i>	3	8%
<i>Algorithm using the L-shaped method</i>	2	5%
<i>Hierarchical location problems</i>	2	5%
<i>Other - Own Algorithm</i>	2	5%
<i>Undesirable facility locations</i>	1	3%
<i>Balancing objectives</i>	1	3%
<i>Hub location problems</i>	1	3%
<i>Competitive location problems</i>	1	3%
<i>Combined siting and routing</i>	1	3%
<i>Stochastic location model with risk pooling (SLMRP)</i>	1	3%

Fonte: o autor (2023).

Entre os modelos estudados, três foram selecionados para que seus respectivos resultados fossem analisados, por terem maior alinhamento com o objetivo da cooperativa estudada (menor custo total): P-medianas, P-centros e modelo gravitacional, convergindo com os modelos com maior número de publicações. Embora claramente presente em vários estudos, o modelo de máxima cobertura não foi aplicado em virtude do contexto da aplicação estudada. O modelo de máxima cobertura exige a definição de uma distância mínima das estruturas para os pontos de demanda e para o contexto aplicado a operação logística não conta com uma limitação de distância requerida a ponto de definir uma distância máxima viável. O diferencial, no entanto, são os custos que tal operação passará a exigir. A maior distância entre unidades da cooperativa é 708 quilômetros, exequível para o trajeto executado em menos de 24 horas, se necessário. A definição de uma distância máxima mínima já será obtida pelo método de P-centros, por natureza inerente do modelo em si.

Os três métodos com o maior número de referências foram selecionados para simulação no cenário da cooperativa estudada, cujos resultados são discutidos na sequência.

4.2. ENTREVISTA DE PROFUNDIDADE

Realizadas no mês de novembro de 2022 com dois gestores responsáveis pela logística de defensivos agrícolas da cooperativa estudada, esta etapa foi fundamental para validar o cenário estudado, permitindo que os cenários analisados fossem o mais fidedigno possível com a realidade prevalecente.

As inferências e interpretações resultantes da análise de conteúdo demonstraram total domínio dos entrevistados acerca do assunto. Dentro das informações coletadas, destaca-se a dependência do transporte rodoviário dada a classificação de produtos perigosos, que abrange os defensivos agrícolas, o que inviabiliza o transporte hidroviário, por exemplo. O transporte ferroviário também é descartado em virtude da ausência de malha que atenda às origens e aos destinos envolvidos nessa operação logística.

Além do modal utilizado, as entrevistas permitiram caracterizar a operação logística que envolve o negócio de defensivos químicos. No caso da cooperativa estudada, atualmente ela tem um Centro de Distribuição na cidade sede, sendo 86,7% dos produtos recebidos nesse CD e, a partir dele, distribuídos para as atuais 75 unidades comercializadoras de defensivos agrícolas, unidades que são instaladas nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Os produtos recebidos no único CD existente, instalado na cidade U125/130 são processados e distribuídos para as demais unidades por 10 caminhões do tipo Truck. Cada caminhão tem capacidade de transporte de 12 toneladas, distribuídas em 14 *pallets* na carroceria. Os veículos não são ativos da cooperativa, mas contratados pela transportadora administrada pela cooperativa. Além da restrição de peso, as cargas transportadas têm limite financeiro transportado e valor da mercadoria. Essa limitação se deve ao seguro envolvido no transporte desse tipo de produto. Em tempo, defensivos químicos, mote da presente pesquisa, são produtos perigosos e de alto valor agregado. Por motivos de segurança, o valor da carga não é mencionado no presente estudo. O valor limite para o transporte é considerado suficiente para o peso disponível em cada veículo, sendo assim, não interfere nas análises realizadas.

Os custos envolvendo a operação de transporte resume-se ao custo por quilômetro e tonelada transportada, além do seguro de carga. O seguro de carga é proporcional ao valor transportado. Por ser um valor diretamente proporcional ao valor transportado e considerando que o produto será transportado independentemente do custo de seguro, esta variável não é

considerada nas simulações. Ainda em relação ao custo do frete, há dois valores considerados, um para as operações internas (entre unidades da cooperativa) e outro externo (entre o fornecedor e a cooperativa). O segundo envolve empresas terceiras (transportadoras) que realizam a entrega dos produtos no CD da cooperativa estudada. Para efeitos de simulação, adota-se R\$ 0,66/km/ton (sessenta e seis centavos por tonelada transportada a cada quilômetro) para o transporte interno e R\$ 1,52/km/ton (um real e cinquenta e dois centavos por tonelada transportada a cada quilômetro) para externo, resultantes de análise preliminar dos custos do empreendimento estudado.

Dentre as instalações da cooperativa, atualmente ela comercializa defensivos agrícolas em 75 unidades/cidades, algumas com terrenos disponíveis para a construção de uma operação logística de distribuição (leia-se Centro de Distribuição e estrutura necessária para a operação). Em outras há estruturas (geralmente galpões) com possibilidade de revitalização com a reforma de um espaço já existente em condições de operacionalizar a armazenagem e a distribuição de produtos.

Durante a entrevista, 10 cidades foram destacadas como pré-candidatas a sediar uma nova estrutura de distribuição, as quais são consideradas na análise, contudo as demais cidades também foram consideradas como candidatas, considerando um exercício para identificação da cidade ideal para a operação, permitindo que a cooperativa, no futuro, possa direcionar investimentos para a ampliação da unidade que resulte em menor custo, se for do interesse dela.

Os produtos referidos no trabalho são categorizados como perigosos, sendo assim têm toda uma especificação técnica de transporte e armazenagem. Toda estrutura a ser construída ou reformada precisa atender às normas técnicas previstas em legislação e regulamentações diversas, o que justifica o alto valor exigido para a reforma ou construção dela. Da mesma forma que o estoque possui uma especificidade característica, os produtos considerados são de alto valor agregado, razão pela qual a cooperativa faz auestão que o novo CD, se fora da sede, seja em uma das unidades da cooperativa, considerando um fator que minimiza riscos relacionados a segurança dado que uma estrutura mínima já seja existente, além da cooperativa já possuir conhecimento dos aoredores.

Dados da cooperativa, fornecidos em entrevista, mostram que o custo de posição para a construção de uma estrutura foi orçado no final de 2022 em R\$ 1.650,00 (um mil e seiscentos e cinquenta reais), enquanto para a reforma de uma estrutura já existente o orçamento ficou em R\$ 1.000,00 (mil reais), valores utilizados como base para as simulações desse estudo. O custo de posição é a expressão para uma armazenagem que tecnicamente supre espaços para toda a operação de armazenagem da mercadoria, podendo variar em metro quadrado.

Ainda em relação à armazenagem, o gestor Alpha indicou que para o crescimento previsto para os próximos cinco anos, a cooperativa estudada precisa aumentar a capacidade de armazenagem estática do CD em 15 mil posições (dobrando a capacidade de armazenagem atualmente identificada no processo de entrevista). Essa estrutura pode ser no CD existente ou em outra localização. Tem-se, portanto, que o custo de investimento para a construção dessa nova estrutura é estimado em R\$ 24.374.000,00. No cenário de reforma, o valor estimado para adequação da mesma quantidade de posições (15 mil posições) é de R\$ 15.000.000,00 (15 mil posições multiplicados pelo custo unitário da posição em cada cenário, respectivamente).

Quando indagado sobre as cidades que poderiam receber uma nova operação logística, o entrevistado Alpha sinalizou que há a possibilidade de uso de instalações já existente na atual sede da cooperativa e para as demais unidades seria considerada a opção de uma nova estrutura, dada a quantidade de requisitos necessários para atendimento à legislação vigente.

Sobre a nova estrutura, os entrevistados colocaram que quanto menos novas estruturas (cidades), mais fácil se torna a gestão da operação, por isso se consideram dois cenários: a ampliação do atual CD ou a criação de um novo CD em uma cidade onde a cooperativa já tem alguma unidade/filial. Para o atual município onde a cooperativa tem o CD, foram simuladas a opção de um novo CD e a reforma de uma estrutura.

Outro ponto a ser considerado ao estudo identificado durante a pesquisa é o foco essencial em custo frente às demais dimensões que a cooperativa possui nas comunidades que ela se faz presente (não discutindo a importância de cada uma, apenas justificando o escopo da atual pesquisa). Da mesma forma, os critérios apresentados na tabela 9 foram considerados em sua parcialidade, assumindo que as categorias de Infraestrutura seja similar em todos os territórios estudados. O critério mercado é considerado, compreendido que há efetiva consideração entre demandas nas diferentes unidades da cooperativa. A questão governamental, sobretudo em relação a política de impostos é um fator ausente no presente trabalho que pode contribuir para a tomada de decisão de onde instalar um centro de distribuição.

A entrevista em profundidade permitiu ainda identificar o cenário a ser simulado e convergir os interesses da cooperativa com os objetivos que simulados, uma vez que dois deles (P-Centros e P-Mediana) são modelos discretos, ou seja, são modelos que levam em consideração pontos determinados numa rede logística. O modelo gravitacional é contínuo, portanto, aceita-se todo ponto de um plano, isto é, não restringe a municípios onde a cooperativa já tem alguma estrutura. Mesmo não atendendo diretamente às restrições da cooperativa, o modelo gravitacional foi simulado, considerando a possibilidade de direcionamento para que a cooperativa passe a olhar para regiões que não estejam no escopo de investimentos, para que

no futuro esse município que resultaria menor custo seja uma possível realidade na estrutura da cooperativa, motivo pelo qual ele foi mantido no corrente estudo.

4.3. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados do presente estudo são apresentados em duas etapas. A primeira restringe-se às simulações realizadas com o intuito de obter os valores operacionais referentes aos custos de transporte. A segunda etapa traz os demais valores que junto aos dados da primeira etapa permitem uma visão global dos cenários estruturados, estabelecendo as análises propriamente ditas.

4.3.1. Simulações para Obtenção dos Custos de Transporte

As simulações foram realizadas no *Microsoft Excel* a partir dos dados coletados nas etapas que antecederam as análises, ainda na fase de entrevistas. Antes da etapa de simulação em si, sugere-se uma fase de validação e organização dos dados, momento essencial para facilitar o processo de simulação. Nessa etapa de organização, são preparadas as matrizes de distâncias entre unidades da cooperativa e demais fornecedores, matriz de demandas individuais por filial, assim como o montante em toneladas com origem de cada fornecedor. A multiplicação de matrizes de demanda, distância e custo de transporte permitiu obter o somatório de custo *versus* distância para cada unidade da cooperativa (tomando todas como candidatas). Para o modelo de P-Medianas, as candidatas são aquelas que resultam na menor soma do produto do custo *versus* distâncias, sempre considerando as particularidades de cada cenário simulado. Já para o modelo de P-Centro, as cidades candidatas eram aquelas que para cada cenário resultava em uma menor distância máxima (objetivo maior do modelo), para tanto, dentro as unidades da cooperativa identifica-se quais delas oferecem a menor distância máxima para cada cenário, definindo a cidade que melhor atende este critério para posterior simulação de custos. Para o modelo gravitacional há o processamento das coordenadas geográficas longitude e latitude, para cada cenário cada categoria de coordenada é considerada de forma a obter a média simples, ponderada e medianas (individualmente tanto para latitude, quanto longitude).

Compreendido o contexto e os métodos presentes nas publicações levantadas, foram realizadas simulações em três cenários distintos com respectivas particularidades/variações dentro de cada cenário. Estes são descritos a seguir.

Cenário 0: simulação da operação exatamente como é praticada em dezembro de 2022 ou seja, 86,7% do recebimento dos fornecedores sendo realizados no CD da cooperativa e as demais demandas sendo recebidas diretamente nas demais unidades. O cenário é o parâmetro utilizado para identificar se os demais modelos simulados resultam em um custo maior ou menor em comparação ao modelo vigente na cooperativa.

Cenário 1: operação de recebimento e distribuição totalmente realizada em único CD, independentemente da cidade.

Cenário 2: 56% da operação de recebimento e distribuição ocorrendo no atual CD existente na sede da cooperativa e 44% restantes ocorrendo em nova estrutura. Esse segundo cenário se deu em virtude do direcionamento do planejamento estratégico da cooperativa em relação à direção geográfica.

Para os cenários 1 e 2, três métodos foram aplicados: P-Centros, P-medianas e modelo gravitacional, cada qual com algumas particularidades, conforme descrito a seguir.

Em relação ao modelo de P-Centros, três propostas foram simuladas: a primeira considerando todos os fornecedores na simulação. A segunda considerou apenas as unidades da cooperativa, sendo os fornecedores desconsiderados. Na terceira proposta, aplicou-se o princípio de Pareto aos fornecedores, ou seja, apenas aqueles que compõem 80% do montante fornecido para a cooperativa foram considerados. As variantes de cada modelo serviram como exercício para identificar as diferenças de custos de transporte entre si.

Quando o exercício de simulação foi desenvolvido com o modelo de P-Medianas, cinco foram as propostas simuladas: a primeira considerando todos as unidades e fornecedores, a segunda com todas as unidades e o Pareto dos fornecedores (aqueles que são responsáveis por fornecer 80% do montante envolvido), a terceira e quarta foram a primeira e a segunda proposta considerando o custo por quilômetro e peso transportado. A quinta considerou apenas as unidades da cooperativa, não considerando os fornecedores.

Além do P-centro e p-medianas, considerados modelos discretos frente às cidades candidatas restritas ao conjunto de territórios onde a cooperativa já se faz presente, o modelo gravitacional também foi simulado, entendendo que através do mesmo, mesmo não atendendo aos requisitos da cooperativa, o mesmo poderia respaldar decisões estratégicas de médio longo prazo por parte da gestão da cooperativa. No modelo gravitacional, há manipulação de coordenadas geográficas (latitude e longitude) para definir possíveis candidatos para receber o novo centro de distribuição. No modelo gravitacional, diferente dos demais ora citados, qualquer ponto do plano pode vir a ser um centro operacional, encontrando-se um ponto tecnicamente ideal, independentemente das limitações reais encontradas para o cenário em

questão. Nesse método, foram consideradas quatro variáveis: média simples das coordenadas, média ponderada com as demandas, média ponderada pelo produto de demanda e respectivo custo (km/ton) e, por fim, a mediana das coordenadas.

As 25 simulações foram realizadas visando encontrar qual modelo ou variação resultasse no menor custo de transporte entre as cidades possíveis, sendo os resultados apresentados e discutidos a seguir.

Para efeitos de simulação e análise, o período de dados coletados foi de outubro de 2021 a setembro de 2022, a partir disso foi adotado um crescimento de 14% ao ano dos volumes considerados, aplicados ao longo de cinco anos, projeção identificada na etapa de entrevista em profundidade. Essa demanda, considerada o crescimento descrito, forma a demanda projetada, utilizada em todas as análises, inclusive a do cenário zero, permitindo a comparação entre os cenários.

Tabela 11 – Cenários simulados

	Método	Id.	Particularidade
Cenário 0	Modelo praticado atualmente	C0.MV	CD central na sede da cooperativa com recebimento neste CD e em outras unidades.
Cenário 1 Localização ideal para único CD	P-Centro	C1.PC.TUF	Todas unidades e Fornecedores.
		C1.PC.TU	Apenas unidades da cooperativa.
		C1.PC.TUPF	Todas unidades e Pareto de fornecedores.
	P-Mediana	C1.PM.TUF	Produto da demanda pelas distâncias, todos os fornecedores.
		C1.PM.TUF\$	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), todos fornecedores.
		C1.PM.TUPF\$	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), Pareto dos fornecedores.
		C1.PM.TUPF	Produto da demanda pelas distâncias, Pareto dos fornecedores.
		C1.PM.TU	Produto da demanda pelas distâncias, apenas das unidades.
	Gravitacional	C1.G.MS	Média Simples de geolocalização.
		C1.G.MPKM	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda.
		C1.G.MP\$KM	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda e custo do km/ton.
		C1.G.MED	Mediana de Geolocalização.
Cenário 2 CD1 atual + CD2 em outra cidade.	P-Centro	C2.PC.TUF	Todas unidades e Fornecedores.
		C2.PC.TU	Apenas unidades da cooperativa.
		C2.PC.TUPF	Todas unidades e Pareto de fornecedores.
	P-Mediana	C2.PM.TUF	Produto da demanda pelas distâncias, todos fornecedores.
		C2.PM.TUF\$	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), todos fornecedores.
		C2.PM.TUPF\$	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), Pareto dos fornecedores.
		C2.PM.TUPF	Produto da demanda pelas distâncias, Pareto dos fornecedores.
		C2.PM.TU	Produto da demanda pelas distâncias, apenas das unidades.
	Gravitacional	C2.G.MS	Média Simples de geolocalização
		C2.G.MPKM	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda.
		C2.G.MP\$KM	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda e custo do km/ton.
		C2.G.MED	Mediana de Geolocalização.

Fonte: o autor (2023).

Nas simulações referentes ao cenário 2, os custos resultantes de transporte são relacionados ao transporte no CD existente (proporcional ao montante da operação que continuaria sendo atendida na estrutura já instalada), acrescidos os custos de transporte resultantes das cidades candidatas que passariam a atender às demais demandas analisadas. Para efeitos práticos, 56% da demanda projetada seria atendida pelo CD atual e 44% na nova

estrutura, proporção discutida durante as entrevistas em profundidade, considerando o direcionamento geográfico da possível expansão da cooperativa no próximo quinquênio. Sendo assim, as unidades próximas ao atual CD continuariam sendo atendidas por ele e as unidades mais distantes, sentindo a direção de crescimento, seriam atendidas pela nova estrutura proposta. Os custos listados na análise em relação a cada simulação correspondem ao transporte para o período de um ano para atender à demanda projetada.

Durante a etapa de entrevistas em profundidade, os gestores da cooperativa destacaram nove cidades que têm viabilidade de construção e/ou reforma de instalações para viabilizar um novo ponto de distribuição logística. Para efeitos de simulação, todas as unidades foram simuladas de forma a identificar qual a melhor dentro de cada cenário, calculando os custos para cada proposta. Ao final é possível saber se essas cidades são consideradas candidatas pela cooperativa estudada. Outra justificativa para simular todas as cidades está no fato de que a cooperativa sempre busca alternativas para maximizar suas sobras, beneficiando o cooperado, sendo assim, mesmo que a cidade que melhor otimize recursos não seja aquela que a cooperativa já tem espaço disponível, nada a impede de buscar um novo terreno na cidade destacada para otimizar suas operações.

Dentre os fornecedores da cooperativa, 26 são os municípios de origem dos produtos tema dessa pesquisa. A Tabela 12 apresenta as cidades de origem com as respectivas quantidades projetadas em toneladas fornecidas para a cooperativa. Conforme descrito anteriormente, em algumas das simulações foram considerados apenas os fornecedores das cidades de origem que atendam ao princípio de Pareto, ou seja, aqueles que estão entre os que compõem os 80% em relação à quantidade de produtos fornecidas. Nesse caso, foram selecionadas as cidades F18, F26, F5, F25 e U323.

Tabela 12 – Cidades dos Fornecedores

Cidade	Toneladas	Representação em %	% Acumulado	Pareto
F18	12.191,1	49,4%	49,4%	Sim
F26	2.239,2	9,1%	58,5%	Sim
U323	2.070,6	8,4%	66,9%	Sim
F5	1.967,8	8,0%	74,9%	Sim
F25	1.464,1	5,9%	80,8%	Sim
F15	1.337,8	5,4%	86,2%	Não
F22	591,8	2,4%	88,6%	Não
F7	386,6	1,6%	90,2%	Não
U301	384,0	1,6%	91,8%	Não
F23	382,6	1,6%	93,3%	Não
F20	341,0	1,4%	94,7%	Não
F12	216,4	0,9%	95,6%	Não
F10	196,7	0,8%	96,4%	Não
F4	175,5	0,7%	97,1%	Não
F2	172,3	0,7%	97,8%	Não
F24	154,9	0,6%	98,4%	Não
F13	145,0	0,6%	99,0%	Não

F8	93,3	0,4%	99,4%	Não
F27	53,8	0,2%	99,6%	Não
F21	42,1	0,2%	99,8%	Não
F19	30,6	0,1%	99,9%	Não
F6	15,6	0,1%	99,9%	Não
F17	7,7	0,0%	100,0%	Não
F3	5,2	0,0%	100,0%	Não
F9	0,6	0,0%	100,0%	Não
U125/130	0,5	0,0%	100,0%	Não

Fonte: o autor (2023).

Retomando o processo de simulações, o cenário 0 (zero) é o parâmetro que permite comparar os resultados das simulações com o modelo atualmente praticado pela cooperativa. Nessa situação, a máxima distância das unidades e fornecedores é de 3.156 km, entre unidades e fornecedores apresentados no gráfico de Pareto é de 667 km e entre unidades é de 468 km. Em relação aos custos de transporte interno (operação de distribuição de produtos entre o CD e as unidades da cooperativa), são totalizados em R\$ 1.299.736,90 e o externo (operação de transporte entre os fornecedores e o CD/Unidade) é de R\$ 26.566.966,37, totalizando o custo de frete de R\$ 27.866.703,27, conforme compilado na Tabela 13.

Tabela 13 – Resumo de custos de transporte – simulação do cenário (Cenário 0)

	Método	Id.	Candidata	Frete Interno	Frete Externo	CT TOTALFRETE
Cenário 0	Modelo praticado atualmente	C0.MV	U125/130	1.299.736,90	26.566.966,37	27.866.703,27

Nota: valores em reais brasileiros (R\$).

Fonte: o autor (2023).

4.3.2. P-Centros

Retomando o contexto da abordagem do p-centro, o objetivo deste modelo é minimizar as distâncias máximas, privilegiando muitas vezes o tempo de atendimento em relação às demais variáveis. A menor distância máxima é obtida pela tabela de distâncias das candidatas e todas as demais cidades da simulação. O município que resulta na menor distância máxima é o selecionado para a verificação dos custos em questão.

Após processamento dos dados, tem-se que para cada particularidade nos dois cenários considerados, cinco foram os municípios que seriam candidatos de acordo com essa proposta, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Resumo de custos de transporte para as candidatas – P-Centro

Particularidade	Id.	Candi-data	UF	Máxima Distância	Frete Interno	Frete Externo	CT TOTALFRETE
-----------------	-----	------------	----	------------------	---------------	---------------	---------------

Cenário 1 Localização ideal para único CD.	Todas unidades e Fornecedores.	C1.PC.TUF	U435	SP	2940	3.538.683,95	19.921.257,42	23.459.941,37
	Apenas unidades da cooperativa.	C1.PC.TU	U289	PR	521	2.781.688,22	22.840.839,18	25.622.527,40
	Todas unidades e Pareto de fornecedores.	C1.PC.TUP F	U301	PR	421	2.084.460,10	25.237.234,12	27.321.694,22
Cenário 2 CD1 atual + CD2 em outra cidade.	Todas unidades e Fornecedores.	C2.PC.TUF	U435	SP	2940	1.158.211,82	25.375.914,28	26.534.126,10
	Apenas unidades da cooperativa.	C2.PC.TU	U420	SP	565	1.250.481,53	27.716.956,01	28.967.437,53
	Todas unidades e Pareto de fornecedores.	C2.PC.TUP F	U266	PR	499	1.085.970,90	26.104.544,26	27.190.515,17

Nota: valores em reais brasileiros (R\$).

Fonte: Autor (2023).

Dentro do cenário 1, que vislumbra identificar a melhor posição para a operação centralizada de distribuição de defensivos agrícolas, considerando todas as unidades e fornecedores, a cidade U435 seria a que resulta em menor distância máxima, com um total de 2.940 km. Quando se consideram apenas as unidades da cooperativa, a máxima distância cai para 521 km. No cenário onde as unidades e as cinco principais cidades fornecedoras (Pareto) são consideradas, o número de km máximo cai para 421. Em relação aos custos decorrentes desse cenário 1, aplicando o modelo de p-centros, o menor custo total de transporte seria oferecido pela cidade U435, muito embora o custo de frete interno seja o maior entre as opções.

No cenário 2, onde se consideram a manutenção do atual CD e construção/adaptação de outro em uma segunda cidade em que a cooperativa opera, a opção que considera todas as unidades e fornecedores resulta em uma distância máxima de 2.940 km, enquanto o cenário que contempla apenas as unidades da cooperativa resulta em uma distância máxima de 565 km, contra 499 no cenário onde as unidades e os principais fornecedores estão inclusos.

Ainda sobre o segundo cenário, o custo do transporte de todas as unidades e fornecedores comparado com a particularidade onde apenas os fornecedores majoritários (Pareto) resulta num custo de transporte muito semelhante, 26,5 milhões contra 27,2 milhões de reais. Considera-se um empate técnico, onde outras variáveis poderiam influenciar a escolha do local ideal, tal como os benefícios fiscais de ICMS, por exemplo, dado que a cidade U435 e U266 estão situadas em unidades federativas distintas.

O modelo de p-centros, quando se discute apenas o custo de transporte, sugere alternativas que resultam em menor custo. Sendo assim, cinco das seis variáveis simuladas no modelo apresentam custo inferior aos 27,86 milhões de reais propostos pela simulação do cenário zero.

4.3.3. P-Mediana

O modelo de p-mediana é aquele que tenta por natureza minimizar custos, ou seja, no contexto analisado, o custo é proporcional à quantidade de km percorrida para a entrega do produto até o seu destino (do fornecedor para o CD, do CD às unidades da cooperativa). Sendo assim, a análise se baseia, sobretudo, no produto da distância entre pontos pela quantidade em toneladas de produtos pelo custo da tonelada transportada por quilômetro. O menor custo será aquele cujo somatório desses produtos for menor (somatório dos produtos da demanda [ton], quilometragem [km] e custo [por ton/km]).

As simulações resultaram nas informações organizadas na Tabela 15, no cenário onde a operação seria centralizada em único CD, cujo melhor resultado financeiro foi encontrado na cidade U467, resultando em um custo total para fretes de R\$ 23.377.134,65. Essa candidata otimiza, sobretudo, o frete entre o fornecedor e o centro de distribuição, parte mais onerosa (cerca de duas vezes mais cara do que a operação de frete interno). Observe que a cidade U467 foi a que resultou o menor custo e foi a escolhida em duas particularidades simuladas, ambas considerando não apenas o produto de demanda por quilometragem, mas também o valor do km/tonelada transportada.

A segunda opção mais barata dentro do cenário 1 para o modelo de p-mediana está na cidade U435 e, nas duas particularidades que resultaram nesta cidade, considerou-se o produto dos trajetos percorridos com as respectivas demandas projetadas. As duas opções mais econômicas resultam em um custo total de frete muito semelhante, com menos de 100 mil reais em relação às simulações. Infere-se que ao escolher por uma ou outra cidade, inúmeras variáveis devem ser consideradas. No caso específico, ambas estão no mesmo Estado, portanto mesma alíquota de ICMS, sendo assim, a disponibilidade de área, o custo de mão de obra e a disponibilidade de segurança, por exemplo, seriam variáveis que poderiam ser consideradas na escolha.

O fato que despertou a atenção durante o processo de realização das simulações foi a coincidência da cidade que resultou da particularidade onde apenas as unidades da cooperativa foram consideradas. A cidade resultante coincidiu com a atual sede do empreendimento, local onde o atual centro de distribuição está instalado, o que ilustra que o CD está na região central onde a cooperativa tem suas atividades. Essa opção, embora não resulte no menor custo de transporte, tem importância, pois pode atender a contextos geopolíticos (sentimento de pertencimento do cooperado) e/ou ainda ao fator segurança, dado que em virtude do valor de estoque armazenado em um centro de distribuição como este a segurança é um assunto

fundamental e a cooperativa pode aproveitar-se da estrutura já presente para garantir a conservação do patrimônio e riscos de assaltos, por exemplo.

Tabela 15 – Resumo de custos de transporte para as candidatas – P-Mediana

	Particularidade	Id.	Candidata	UF	Frete Interno	Frete Externo	CT TOTAL FRETE
Cenário 1 - Localização ideal para único CD.	Produto da demanda pelas distâncias, todos fornecedores.	C1.PM.TUF	U435	SP	3.538.683,95	19.921.257,42	23.459.941,37
	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), todos fornecedores.	C1.PM.TUF\$	U467	SP	6.483.713,73	16.893.420,92	23.377.134,65
	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), Pareto dos fornecedores.	C1.PM.TUPF\$	U467	SP	6.483.713,73	16.893.420,92	23.377.134,65
	Produto da demanda pelas distâncias, Pareto dos fornecedores.	C1.PM.TUPF	U435	SP	3.538.683,95	19.921.257,42	23.459.941,37
	Produto da demanda pelas distâncias, apenas das unidades.	C1.PM.TU	U125/130	PR	650.108,88	27.535.075,79	28.185.184,67
Cenário 2 - CD1 atual + CD2 em outra cidade.	Produto da demanda pelas distâncias, todos fornecedores.	C2.PM.TUF	U435	SP	1.158.211,82	25.375.914,28	26.534.126,10
	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), todos fornecedores.	C2.PM.TUF\$	U467	SP	1.934.245,24	23.861.996,03	25.796.241,27
	Produto da demanda pelas distâncias e custos (R\$/ton), Pareto dos fornecedores.	C2.PM.TUPF\$	U467	SP	1.934.245,24	23.861.996,03	25.796.241,27
	Produto da demanda pelas distâncias, Pareto dos fornecedores.	C2.PM.TUPF	U435	SP	1.158.211,82	25.375.914,28	26.534.126,10
	Produto da demanda pelas distâncias, apenas das unidades.	C2.PM.TU	U280	PR	1.003.600,15	26.749.293,18	27.752.893,33

Nota: valores em reais brasileiros (R\$).

Fonte: o autor (2023).

Compreendidas as simulações referentes ao cenário 1 sob a luz do modelo de p-mediana, o assunto passa a ser o segundo cenário resultante do mesmo modelo. Dessa vez três cidades apareceram como candidatas dentro do método abordado. Em tempo, o cenário 2 mantém a atual estrutura de distribuição na cidade U125/150, atendendo a 56% da demanda total e direciona a construção de uma nova estrutura em direção à área de expansão da cooperativa para atendimento do restante da demanda (percentil deliberado em conjunto com a cooperativa analisada). A cidade U467 mais uma vez aparece como candidata, considerando todos os fornecedores ou só aqueles que estão em cidades que atendem a 80% da demanda da cooperativa, já que uma operação logística na cidade U467 resultaria no custo operacional de transporte de 25,8 milhões de reais, aproximadamente.

A unidade instalada na cidade U435 também aparece mais uma vez como candidata nas simulações. Nesse segundo cenário, inclusive, ela é a que resulta em menor custo operacional

de transporte, totalizando 26,5 milhões de reais. Nesse caso, assim como no cenário 1, essa unidade se destacou no somatório dos produtos de distâncias e demandas.

Quando apenas as unidades da cooperativa são consideradas no modelo de p-medianas para o segundo cenário simulado, tem-se a cidade U280 como candidata, o que resulta em um custo na casa de 27,7 milhões de reais. A diferença entre as demais é de 10%, o que sugere a análise de outras variáveis no momento de decisão e, nesse caso específico, especialmente a questão tributária, dado que a cidade U280 é de uma unidade federativa diferente da U435 e U467.

4.3.4. Modelo Gravitacional

Por último, mas não menos importante, o modelo gravitacional foi colocado à prova na tentativa de encontrar uma cidade que resultasse em menor custo de transporte. Nesse modelo, são considerados coordenadas geográficas, demandas e custos, ou seja, não dependem da existência ou não de uma unidade da cooperativa. Esse tipo de simulação é importante para compreender algumas questões estratégicas e direcionar de repente possíveis aquisições onde a cooperativa ainda não esteja vislumbrando investimentos.

No modelo gravitacional, assim como os demais, dois cenários foram simulados com as respectivas variações, cada qual resultando numa cidade candidata com os respectivos custos simulados disponíveis na Tabela 16.

Tabela 16 – Resumo de custos de transporte para as candidatas do modelo gravitacional

	Particularidade	Id.	Candi- data	UF	Frete Interno	Frete Externo	TOTAL FRETE
Cenário 1 - Localizaçã o ideal para único CD	Média Simples de geolocalização	C1.G.MS	U280	PR	2.405.363,32	22.668.015,22	25.073.378,54
	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda.	C1.G.MPKM	C1	SP	5.935.229,98	15.206.998,48	21.142.228,47
	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda e custo do KM/Ton	C1.G.MP\$K M	C2	SP	6.966.079,91	13.417.407,20	20.383.487,11
	Mediana de Geolocalização	C1.G.MED	U308	PR	2.107.505,32	24.597.564,88	26.705.070,20
Cenário 2 - CD1 atual + CD2 em outra cidade.	Média Simples de geolocalização	C2.G.MS	C3	SP	1.197.778,43	25.345.401,96	26.543.180,39
	Média Ponderada de geolocalização em relação à demanda.	C2.G.MPKM	C4	SP	1.888.972,86	22.734.824,08	24.623.796,93
	Média Ponderada de geolocalização em relação a demanda e custo do KM/Ton	C2.G.MP\$K M	C5	SP	2.278.331,33	19.793.878,45	22.072.209,79

	Mediana de Geolocalização	C2.G.MED	U263	PR	1.007.881,26	26.498.836,78	27.506.718,04
--	---------------------------	----------	------	----	--------------	---------------	---------------

Fonte: o autor (2023).

Quando a média simples de coordenadas (latitude e longitude) foram consideradas para o cenário 1 (único CD para atender a todas as unidades da cooperativa), a cidade candidata foi a U280, localidade onde a cooperativa já tem uma unidade de comercialização. O custo simulado para o transporte dessa operação seria de R\$ 25 milhões de reais.

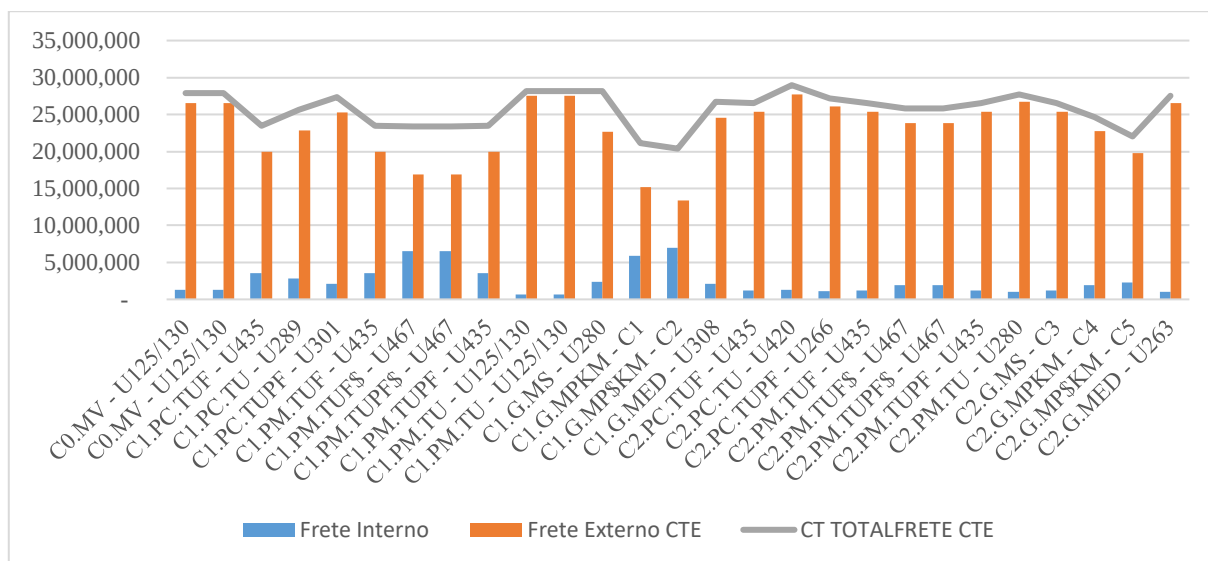
O melhor custo obtido entre as simulações desse cenário e método resultaram na cidade C2, cujo orçamento previsto para essa operação seria de 20,4 milhões de reais. Como curiosidade, essa nova cidade onde a cooperativa ainda não tem operações, está a 499 km de distância da sede e atual centro de distribuição. Nessa simulação, foi considerada a média ponderada em relação à demanda e custos.

Quando se analisou a mediana das coordenadas dentro desse primeiro cenário, a cidade resultante foi a cidade U308, a qual tem atualmente uma unidade da cooperativa, resultando em um custo projetado de 26,7 milhões de reais para o período de 12 meses.

Ainda no modelo gravitacional, contudo analisando o segundo cenário, três novas cidades aparecem como candidatas e uma candidata já é contemplada com a presença da cooperativa. A cidade C3 é resultante da simulação da média simples das localizações de fornecedores e unidades, o custo da operação seria de 26,5 milhões de reais, enquanto 24,6 milhões de reais seria o custo projetado para a cidade C4, resultante da média ponderada pelas respectivas demandas. Quando a ponderação da média contempla o custo da tonelada transportada por quilômetro, o custo projetado para essa operação por ano seria de 22 milhões de reais, na cidade C5, enquanto a mediana resultaria na cidade U263 com um custo estimado de 27,5 milhões de reais. A cidade que resultou o menor custo de transporte neste segundo cenário (C5) está a 540 quilômetros da sede da cooperativa.

A Figura 12 fornece um comparativo entre os custos de transporte simulados nessa primeira etapa do estudo. Ao todo foram simulados 25 cenários distintos, cada qual com sua particularidade, seja em relação ao método, ou ainda com as considerações visando obter o menor custo de transporte. Até então o modelo que resultou em menor custo de transporte foi o C1.G.MP\$KM, ou seja, aquele que considera uma operação centralizada em novo município (C1), resultante no modelo gravitacional, considerando a média ponderada das coordenadas geográficas em relação a distâncias dos municípios e do respectivo custo do quilômetro rodado.

Figura 12 – Custo de transporte, comparativo entre métodos simulados



Fonte: o autor (2023).

Quando se consideram as restrições impostas pela cooperativa estudada, sobretudo no que diz respeito à limitação de um conjunto de cidades para receber a possível nova instalação de distribuição, os métodos aplicáveis se restringem ao P-Mediana e ao P-Centros. O modelo gravitacional, ou seja, método que não tem restrição a um conjunto determinado de pontos possíveis, é considerado útil como direcionador estratégico em relação aos custos de transporte, útil para a cooperativa analisar possíveis aquisições de modo a minimizar esse tipo de custo.

Ainda com o objetivo de restringir-se aos métodos em si, plausíveis para adoção da cooperativa estudada, para fins de aprofundamento da observação, temporariamente, desconsideram-se as variáveis de infraestrutura (custo reforma/construção), custos fixos e variáveis, sendo assim, os custos totais em relação ao frete/transporte são organizados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resumo de custos de transporte por simulação

Simulação	Modelo	Cidade	UF	Frete Interno	Frete Externo	Total Frete
C1.G.MP\$KM	Gravitacional	C2	SP	6,966	13,417	20,383
C1.G.MPKM	Gravitacional	C1	SP	5,935	15,207	21,142
C2.G.MP\$KM	Gravitacional	C5	SP	2,278	19,794	22,072
C1.PM.TUF\$	P-Mediana	U467	SP	6,484	16,893	23,377
C1.PM.TUPF\$	P-Mediana	U467	SP	6,484	16,893	23,377
C1.PC.TUF	P-Centros	U435	SP	3,539	19,921	23,46
C1.PM.TUF	P-Mediana	U435	SP	3,539	19,921	23,46
C1.PM.TUPF	P-Mediana	U435	SP	3,539	19,921	23,46
C2.G.MPKM	Gravitacional	C4	SP	1,889	22,735	24,624
C1.PC.TU	P-Centros	U289	SP	2,782	22,841	25,623
C2.PM.TUF\$	P-Mediana	U467	SP	1,934	23,862	25,796
C2.PM.TUPF\$	P-Mediana	U467	SP	1,934	23,862	25,796

C2.PC.TUF	P-Centros	U435	SP	1,158	25,376	26,534
C2.PM.TUF	P-Mediana	U435	SP	1,158	25,376	26,534
C2.PM.TUPF	P-Mediana	U435	SP	1,158	25,376	26,534
C2.G.MS	Gravitacional	C3	SP	1,198	25,345	26,543
C1.G.MED	Gravitacional	U308	PR	2,108	24,598	26,705
C2.PC.TUPF	P-Centros	U266	PR	1,086	26,105	27,191
C1.PC.TUPF	P-Centros	U301	PR	2,084	25,237	27,322
C2.G.MED	Gravitacional	U263	PR	1,008	26,499	27,507
C2.PM.TU	P-Mediana	U280	PR	1,004	26,749	27,753
C0.MV	Vigente	U125/130	PR	1,3	26,567	27,867
C1.PM.TU	P-Mediana	U125/130	PR	0,65	27,535	28,185
C1.PM.TU	P-Mediana	U125/130	PR	0,65	27,535	28,185
C1.G.MS	Gravitacional	U280	PR	2,405	22,668	28,185
C2.PC.TU	P-Centros	U420		1,25	27,717	28,967

Nota: Valores em milhões de reais.

Fonte: o autor (2023).

Observa-se que logo após o modelo gravitacional, as simulações que resultaram menor custo de transporte quando considerada uma operação centralizada (simulações de início C1) há destaque para o modelo de P-Mediana, definindo a cidade U467 como candidata mais econômica no que diz respeito ao custo de transportes. Quando se estuda a criação de um novo Centro de Distribuição para somar com o CD já existente (simulações de início C2), o modelo que propõe o município com otimização do custo total de fretes/transporte ainda sim é o p-mediana (U-467).

Compreendidos os custos relacionados ao transporte das mercadorias dentro dos dois cenários com respectivas variações, o próximo passo é compreender os efeitos em relação ao custo total dessa operação.

4.3.5. Análise dos Custos Totais

Dentre os principais custos de uma operação logística, tem-se o custo de transporte como principal custo operacional. Em segundo lugar outro custo expressivo está relacionado ao custo de investimento para a criação de uma instalação logística.

No caso estudado, a cooperativa considera necessária a obtenção de 15 mil posições de armazenagem. Adota-se o número fornecido pela cooperativa como verdade para efeitos de simulação. Nos custos fornecidos pelo empreendimento no cenário de uma construção dessa instalação seria necessário o investimento de R\$ 24,375 milhões de reais (produto da quantidade de posições pelo valor de R\$ 1.650,00 por posição orçado pela cooperativa).

Quando é possível utilizar alguma estrutura já existente, o custo de adequação da instalação cai para R\$ 1.000,00 a posição, sendo assim, o investimento no caso de reforma de

algum armazém existente é de R\$ 15 milhões de reais. Ainda assim, para as cidades candidatas, quando simulado o cenário de um único CD, diferente do atual, considera-se o custo da construção de uma estrutura não de 15 mil posições, mas 30 mil posições, ou seja, 15 mil correspondem numericamente às estruturas já existentes e as novas, também 15 mil, que seriam necessárias para o aumento da capacidade de armazenagem para atendimento do crescimento esperado.

Ficou evidenciado nas entrevistas com os gestores da cooperativa que a segurança é um fator determinante no processo de definição de um novo centro de operação logística. Este por sua vez foi orçado e tem dois cenários distintos. Na cidade 125/130, a estrutura de segurança já se faz presente, pois compartilha da mesma estrutura instalada no complexo industrial da cooperativa, portanto para as simulações dessa unidade, o custo adicional de segurança é considerado zero. Para as demais cidades, o custo adicional de segurança patrimonial é de R\$ 715.000,00 (setecentos e quinze mil reais ano), considerando custo de pessoal e equipamento para um ano.

Os custos variáveis da operação são proporcionais e equivalentes para todos os cenários, por isso não são considerados dados que diretamente não interfiram na escolha da localização que acarreta em menor custo total.

Os custos fixos, por sua vez, para a finalidade em questão, são considerados da seguinte forma: no cenário onde há uma operação centralizada, o custo fixo será o custo atual da operação vezes 1,5, dado que, segundo levantamento em entrevista, caso a cooperativa optasse por expandir o atual CD, para operar com a demanda prevista, ela deveria aumentar em 50% seu consumo de custos fixos. Quando a simulação envolve duas estruturas, o custo considerado será o mesmo atualmente praticado para cada CD, ou seja, 2 vezes o custo atual. Tem-se, portanto, a Tabela 18 com os dados de custos totais considerando todos os custos envolvidos.

Tabela 18 – Resumo de custos totais por simulação

Método	Cidade	Frete Interno	Frete Externo	Total Frete	Modalidade	Infra-estrutura	Segurança	Custo Fixo	Custo Total
C0.MV	U125/130	1,300	26,567	27,867	Construção	24,375	-	2,4	54,642
C0.MV	U125/130	1,300	26,567	27,867	Reforma	15,000	-	2,4	45,267
C1.PC.TUF	U435	3,539	19,921	23,460	Construção	48,750	0,715	3,2	76,125
C1.PC.TU	U289	2,782	22,841	25,623	Construção	48,750	0,715	3,2	78,288
C1.PC.TUPF	U301	2,084	25,237	27,322	Construção	48,750	0,715	3,2	79,987
C1.PM.TUF	U435	3,539	19,921	23,460	Construção	48,750	0,715	3,2	76,125
C1.PM.TUF\$	U467	6,484	16,893	23,377	Construção	48,750	0,715	3,2	76,042
C1.PM.TUPF\$	U467	6,484	16,893	23,377	Construção	48,750	0,715	3,2	76,042
C1.PM.TUPF	U435	3,539	19,921	23,460	Construção	48,750	0,715	3,2	76,125
C1.PM.TU	U125/130	0,650	27,535	28,185	Construção	24,375	-	2,4	54,960
C1.PM.TU	U125/130	0,650	27,535	28,185	Reforma	15,000	-	2,4	45,585
C1.G.MS	U280	2,405	22,668	28,185	Construção	48,750	0,715	3,2	80,850
C1.G.MPKM	C1	5,935	15,207	21,142	Construção	48,750	0,715	3,2	73,807
C1.G.MP\$KM	C2	6,966	13,417	20,383	Construção	48,750	0,715	3,2	73,049

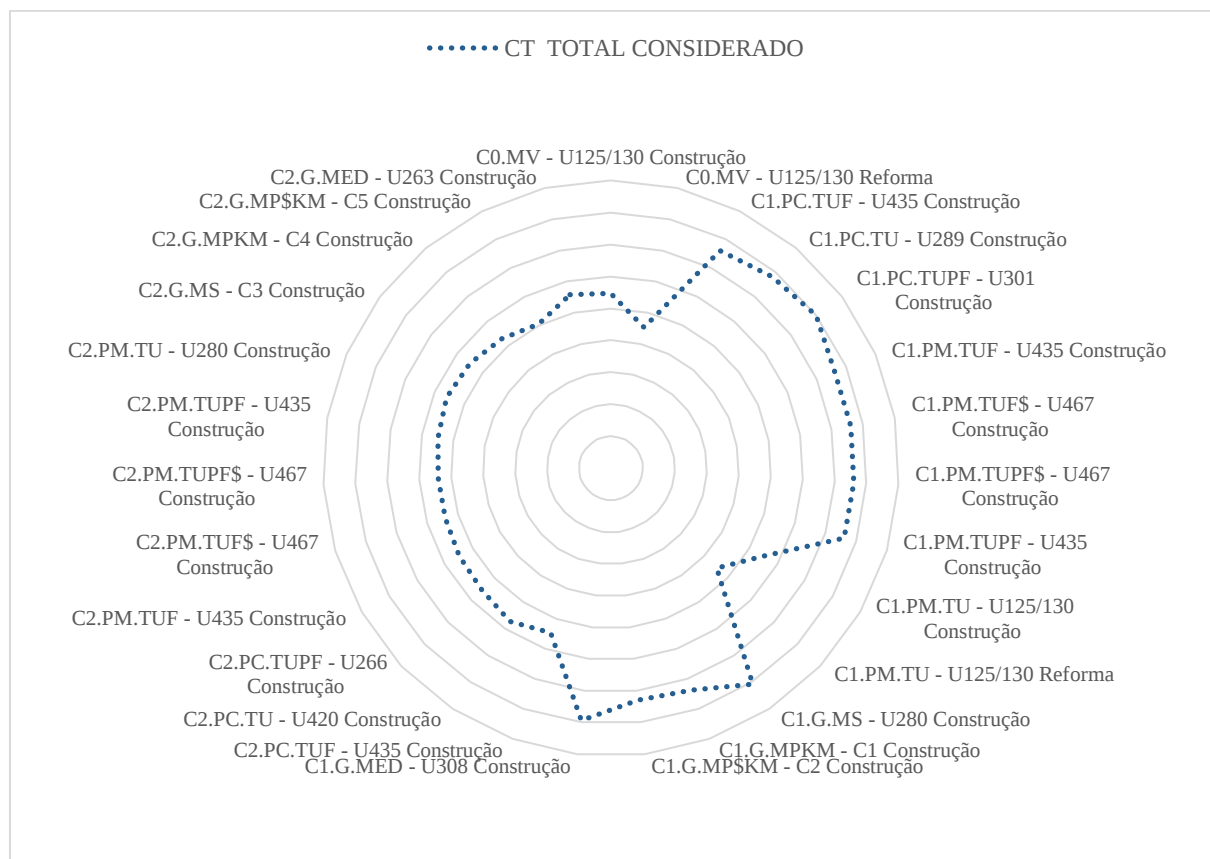
C1.G.MED	U308	2,108	24,598	26,705	Construção	48,750	0,715	3,2	79,370
C2.PC.TUF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.PC.TU	U420	1,250	27,717	28,967	Construção	24,375	0,715	3,2	57,258
C2.PC.TUPF	U266	1,086	26,105	27,191	Construção	24,375	0,715	3,2	55,481
C2.PM.TUF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.PM.TUF\$	U467	1,934	23,862	25,796	Construção	24,375	0,715	3,2	54,087
C2.PM.TUPF\$	U467	1,934	23,862	25,796	Construção	24,375	0,715	3,2	54,087
C2.PM.TUPF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.PM.TU	U280	1,004	26,749	27,753	Construção	24,375	0,715	3,2	56,043
C2.G.MS	C3	1,198	25,345	26,543	Construção	24,375	0,715	3,2	54,833
C2.G.MPKM	C4	1,889	22,735	24,624	Construção	24,375	0,715	3,2	52,914
C2.G.MP\$KM	C5	2,278	19,794	22,072	Construção	24,375	0,715	3,2	50,362
C2.G.MED	U263	1,008	26,499	27,507	Construção	24,375	0,715	3,2	55,797

Nota: Valores em milhões de reais.

Fonte: o autor (2023).

Com isso, é possível visualizar os resultados financeiros de cada simulação, bem como por meio da Figura 13, que ilustra um comparativo entre as 25 simulações, sendo assim, quanto mais próximo do centro da esfera, menor o custo total para o cenário correspondente.

Figura 13 – Custo total para cada simulação realizada



Fonte: o autor (2023).

Tentando deixar ainda mais visual e reduzindo a possibilidade de dúvidas, a Tabela 19 apresenta os dados obtidos, ordenando do menor ao maior custo total, o que permite identificar quais os métodos que resultaram em menor custo total diante dos cenários considerados.

Tabela 19 – Resumo de custos de totais por simulação, ordenação crescente de custos

Método	Cidade	Frete Interno	Frete Externo	Total Frete	Modalidade	Infra-estrutura	Segurança	Custo Fixo	Custo Total
C0.MV	U125/130	1,3	26,567	27,867	Reforma	15	-	2,4	45,267
C1.PM.TU	U125/130	0,65	27,535	28,185	Reforma	15	-	2,4	45,585
C2.G.MP\$KM	C5	2,278	19,794	22,072	Construção	24,375	0,715	3,2	50,362
C2.G.MPKM	C4	1,889	22,735	24,624	Construção	24,375	0,715	3,2	52,914
C2.PM.TUF\$	U467	1,934	23,862	25,796	Construção	24,375	0,715	3,2	54,087
C2.PM.TUPF\$	U467	1,934	23,862	25,796	Construção	24,375	0,715	3,2	54,087
C0.MV	U125/130	1,3	26,567	27,867	Construção	24,375	-	2,4	54,642
C2.PC.TUF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.PM.TUF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.PM.TUPF	U435	1,158	25,376	26,534	Construção	24,375	0,715	3,2	54,824
C2.G.MS	C3	1,198	25,345	26,543	Construção	24,375	0,715	3,2	54,833
C1.PM.TU	U125/130	0,65	27,535	28,185	Construção	24,375	-	2,4	54,96
C2.PC.TUPF	U266	1,086	26,105	27,191	Construção	24,375	0,715	3,2	55,481
C2.G.MED	U263	1,008	26,499	27,507	Construção	24,375	0,715	3,2	55,797
C2.PM.TU	U280	1,004	26,749	27,753	Construção	24,375	0,715	3,2	56,043
C2.PC.TU	U420	1,25	27,717	28,967	Construção	24,375	0,715	3,2	57,258
C1.G.MP\$KM	C2	6,966	13,417	20,383	Construção	48,75	0,715	3,2	73,049
C1.G.MPKM	C1	5,935	15,207	21,142	Construção	48,75	0,715	3,2	73,807
C1.PM.TUF\$	U467	6,484	16,893	23,377	Construção	48,75	0,715	3,2	76,042
C1.PM.TUPF\$	U467	6,484	16,893	23,377	Construção	48,75	0,715	3,2	76,042
C1.PC.TUF	U435	3,539	19,921	23,46	Construção	48,75	0,715	3,2	76,125
C1.PM.TUF	U435	3,539	19,921	23,46	Construção	48,75	0,715	3,2	76,125
C1.PM.TUPF	U435	3,539	19,921	23,46	Construção	48,75	0,715	3,2	76,125
C1.PC.TU	U289	2,782	22,841	25,623	Construção	48,75	0,715	3,2	78,288
C1.G.MED	U308	2,108	24,598	26,705	Construção	48,75	0,715	3,2	79,37
C1.PC.TUPF	U301	2,084	25,237	27,322	Construção	48,75	0,715	3,2	79,987
C1.G.MS	U280	2,405	22,668	28,185	Construção	48,75	0,715	3,2	80,85

Nota: Valores em milhões de reais.

Fonte: o autor (2023).

Claramente o efeito reforma reduz consideravelmente o custo total, agindo diretamente para que as cidades que têm essa possibilidade sejam preteridas em relação às demais. De modo semelhante, porém menos intensamente, o fator segurança e custo fixo também influenciam nas análises. Destaca-se que o modelo atual, centralizando a maioria do recebimento na unidade sede da cooperativa, é a opção que despende menor montante de recursos financeiros.

Outro ponto a ser destacado é o fato que mesmo diante de todas as simulações realizadas o modelo vigente, considerando a opção de reforma foi o que resultou no modelo que requer menor quantidade de recursos financeiros. O fato de centralizar o recebimento de 86,7% do montante dos produtos na unidade de distribuição central e o restante em demais unidades faz com o que o frete seja otimizado e o custo total menor entre todas as demais simulações.

Quando as restrições são menores em termos de limitações de pontos a serem instaladas estruturas de distribuição logística, o modelo gravitacional foi o que resultou em um menor

custo de transporte, conforme apresentado na Tabela 17. Para o cenário definido para o estudo, o modelo de p-medianas foi o que permitiu identificar a cidade candidata que menos precisa de recursos financeiros para a operação considerada. O modelo de p-centros foi o de menor destaque nesse quesito e, com efeito, trata-se de um modelo que visa reduzir a maior distância entre pontos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Organizada de modo a identificar o local para a instalação de uma nova estrutura de distribuição com o menor custo de transporte e investimentos no contexto da cooperativa estudada, a presente pesquisa atinge seu objetivo maior. A ampliação do atual centro de distribuição é a resposta identificada a partir das simulações e aplicações, resultado obtido pelo método de P-Mediana considerando todas as unidades da cooperativa. O modelo atualmente realizado pela cooperativa, ou seja, centralizando a maioria do recebimento em sua sede e o recebimento do restante em outras unidades otimiza ainda mais a operação de transporte e, com isso, o custo total da operação. O presente trabalho chancela a decisão estratégica da cooperativa em seu modelo vigente de distribuição, considerando que entre os cenários simulados, receber a maior parte dos produtos no centro de distribuição e o restante diretamente em unidades minimiza a movimentação de mercadoria, resultando num custo total ainda menor.

Visando identificar os modelos mais presentes nas publicações acadêmicas da base *Web of Science*, os métodos foram praticados de modo a simular frente o contexto da cooperativa estudada. Os dados puderam ser comparados entre si para, enfim, identificar a localização que requer a menor quantidade de recursos financeiros para a operação de distribuição de defensivos agrícolas, atingindo da mesma forma o plano traçado nos objetivos específicos.

Dentre os modelos mais presentes nas publicações acadêmicas (P-Mediana, P-Centros e Gravitacional), após simulações com os dados da cooperativa, o modelo de P-Centro foi o que menos se destacou em relação a custos e, com efeito, convergindo com seu objetivo principal, esse método visa diminuir a máxima distância entre os pontos da rede logística. A variável tempo de atendimento, maior beneficiária no modelo de P-Centros no cenário encontrado na cooperativa estudada, não é tão atrativa se não for associada a menor custo. O tempo de viagem entre os pontos da cooperativa não ultrapassam 24 horas de viagem para atender ao cooperado, então o nível de serviço não é tão afetado e o custo ganha força nesse aspecto.

Ao encontro de todo o referencial teórico, foi o método de P-Mediana (C1.PM.TUPF\$ e C1.PM.TUPF\$) que resultou em menor custo de transporte quando se avaliaram as unidades e os fornecedores da cooperativa (tanto analisando o Pareto quanto todos os fornecedores), considerados como um problema discreto. Quando o problema foi considerado com uma abordagem contínua, sem restrição de localidade, o modelo gravitacional também resultou em um resultado ótimo em relação ao custo de transporte (C1.G.MP\$KM), definindo a cidade C2 como ideal de acordo com o método. Mesmo com resultados distintos entre os modelos

contínuos e discretos, entende-se que são abordagens divergentes, não podendo ser comparada uma como melhor que a outra, pois cada uma tem características próprias que podem atender melhor às condições de cada cenário a ser estudado.

A cidade C2, embora seja a que resultou no menor custo de transporte, não pode ser considerada a cidade escolhida, pois vai ao encontro dos requisitos da pesquisa, sobretudo o da preferência da cooperativa em operar em cidades que ela já atende (tem uma unidade, por exemplo).

Recursos, nesse caso financeiros, conforme premissa de estudo, precisam ser otimizados de modo a aumentar a rentabilidade dos negócios, maximizando resultados (sobras ao cooperado neste cenário), por isso a cidade proposta para a criação/adequação de uma nova estrutura para atender à demanda futura da cooperativa é aquela que requer menor somatório de investimentos para sua criação e também custo operacional (leiam-se custo de transporte, custos fixos e custos relacionados à segurança patrimonial). Sob esse viés, a cidade que menos recurso utilizará para uma nova estrutura seria a cidade U125/130, sede do empreendimento, com a possibilidade de reformar estruturas existentes.

O modelo gravitacional se mostrou muito oportuno quando o cenário é contínuo, ou seja, sem a necessidade de limitar pontos específicos em um plano. No caso estudado, o modelo gravitacional servirá como direcionador a fim de direcionar estudos de médio e longo prazo para regiões onde ela não conta com unidades instaladas.

Quando se discutem a ampliação do atual CD ou a construção de um novo, por consequência assume-se que outros custos estão envolvidos, seja com a locação de maquinário (empilhadeiras, por exemplo) e que a quantidade de pessoas trabalhando também seja ampliada. Em relação ao maquinário, o aumento de equipamentos locados é proporcional ao movimentado, sendo assim, seja na ampliação do atual ou com um CD novo, o custo adicional de maquinário e acessórios para a operação é semelhante. O mesmo não pode ser dito em relação às pessoas. Com um novo CD em cidade diferente da atual, a gestão se torna mais complexa e as equipes tendem a não ser otimizadas igualmente ao cenário em que toda a operação está concentrada em único ponto, proposta para estudos futuros.

Os diferentes cenários, quando se comparam o mais e o menos econômico, resultam em cidades com custos 78,6% maiores entre si (relação entre os custos totais dos modelos C1.G.MS e o C0.MV), o que reforça a tese de que a localização de uma operação logística influencia no resultado financeiro de todo e qualquer empreendimento, seja ele uma cooperativa ou uma empresa listada em uma bolsa de valores, reiterando, inclusive, a essencialidade e a importância da presente pesquisa.

Dados os diferentes resultados obtidos para cada simulação, sugere-se que este tipo de estudo seja pautado sobretudo em premissas claras e de objetivo conhecido, de modo a conseguir executar simulações mais próximas do modelo que se vai encontrar na prática. Além disso, considerando-se que o mercado é muito dinâmico, o fato é que ele pode ser diferente quando analisado em outro momento histórico, por isso sugere-se que o estudo ora publicado seja feito com determinada frequência, considerando os ajustes que naturalmente fazem com que os resultados possam ser diferentes. As práticas utilizadas na presente pesquisa são decorrentes dos modelos identificados nas publicações da base de dados selecionada, sendo assim, outras proposições podem resultar em resultados financeiros distintos.

Outro fator que pode ser considerado como limitante da pesquisa é o conjunto de considerações e variáveis estudadas. O principal custo que se tentou minimizar foi o de transporte e, com o passar do tempo, novas variáveis determinantes podem surgir e influenciar mais intensamente os custos totais, por isso a importância de mesmo com o presente estudo, antes de aplica-lo é essencial identificar possíveis variáveis que possam resultar no efeito custo, de forma que as simulações possam ser realizadas verificando se as cidades propostas sejam modificadas. Outros aspectos não diretamente financeiros podem ser adotados como estratégia, seja pelo interesse político ou desenvolvimento social em alguma região ou cidade, fatores que fogem do escopo da pesquisa, mas que podem influenciar uma possível tomada de decisão no processo de definição da localização de uma nova estrutura logística.

Seguindo a mesma lógica em relação às variáveis, outra proposta de estudo dentro da temática não explorada pela presente dissertação é o impacto em ICMS relacionado às possíveis localizações de estruturas logísticas. As diferenças de alíquotas entre estados podem influenciar nos custos envolvidos nesse tipo de operação logística, de modo a favorecer uma unidade da federação em relação à outra e até mesmo em detrimento do custo de transporte. Dependendo do cenário, o benefício fiscal é mais interessante para o empreendimento do que o custo de transporte propriamente dito.

Ainda sobre as conclusões obtidas com os resultados encontrados, em tempo, observa-se que a reforma de uma estrutura na cidade U125/130 resultará no menor somatório de recursos despendidos, com um total de R\$ 45,585 milhões de reais. A segunda cidade onde a cooperativa já opera com menor custo é a U467 (R\$ 54,487 milhões de reais), o que sugere para estudos futuros o efeito custo de oportunidade, dado que entre as duas cidades há diferença entre a construção de uma nova instalação e uma reforma na já existente. Sendo assim, o custo de oportunidade resultante da reforma da estrutura existente pode viabilizar em curto prazo a preferência para a cidade U467.

O presente estudo resultou num olhar ampliado para a seara dos métodos de localização com o objetivo maior de definição da melhor cidade frente aos requisitos e restrições estabelecidas, no momento oportuno será apresentado para a cooperativa estudada. No desenvolvimento do trabalho, destacaram-se as oportunidades encontradas para novos estudos, atingindo os objetivos propostos para tal. Os dados obtidos pelo presente estudo são considerados estratégicos e importantes para o futuro da cooperativa estudada dado todo montante de recursos financeiros envolvido na operação considerada. Frente aos recursos consumidos, operações logísticas são sempre desafiadas a operar com qualidade e no menor custo, sendo assim, as diversas abordagens devem considerar todas as oportunidades que visam atingir os objetivos para o negócio envolvido, afinal de contas, otimização de custos é uma prática essencial para as organizações, inclusive as cooperativas que precisam operar de modo enxuto para maximizar as sobras distribuídas a seus cooperados.

REFERÊNCIAS

- Alumur, S., Kara, B. C. (2007). A New Model For The Hazardous Waste Location-Routing Problem. *Computers & Operations Research* (34), 1406-1423. 10.1016/j.cor.2005.06.012
- Alves, L. J. M. *Configuração de redes de distribuição com base nos custos logísticos e na tributação*. (2018). Dissertação de Mestrado, UFF, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Amaral, J. V. Trade-offs de custos logísticos. (2012). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Arenales, M., Armentano, V., Morabito, R., & Yanasse, C. (2007). *Pesquisa operacional para cursos de engenharia* (6a. ed.). Rio de Janeiro, Campus.
- Aria, M., Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: an r-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal Of Informetrics*, (11)4, 959-975. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Ashrafzadeh, M., Rafiei, F. M., Isfahani, N. M., & Zare, Z. (2012). Application of fuzzy TOPSIS method for the selection of warehouse location: A case study. *Interdisciplinary. Journal of Contemporary Research in Business*, 3(9).
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2001). *NBR 7500: Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2020). *NBR 9375: Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). *NBR 10271: Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de ácido fluorídrico*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). *NBR 14619: Transporte terrestre de produtos perigosos - Incompatibilidade química*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2017). *NBR 14725: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente*. Rio de Janeiro.
- Atkinson, A. A., Banker, R. D., Kaplan, R. S., & Young, S. M. (2000). *Contabilidade gerencial* (2a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Azzoni, C. R. (1981). *Teoria da Localização: uma análise crítica*. São Paulo: IPE-USP.
- Azevedo, D. B., Rengel, L. A. A. S., Malafaia, G. C., & Thomé, K. M. (2012). Estratégia Competitiva de uma Multinacional Estrangeira na Avicultura de Postura no Brasil. *Rev. Adm. UFSM*, Santa Maria, 5(3), 479-492.
- Ballou, R. C. (1993). *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física* (2a. ed.). São Paul: Atlas.
- Ballou, R. C. (1999). *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the supply chain*. New Jersey, USA: Prentice Hall.

- Ballou, R. (2001). Unresolved issues in supply chain network design. *Information Systems Frontiers*, 3(4), 417-426.
- Ballou, R. C. (2007). The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, 19(4), 332-348.
- Ballou, R. C. (2010). *Gerenciamento de cadeia de suprimento: planejamento, organização e logística empresarial*. (6a. ed.) Porto Alegre: Bookman.
- Ballou, R. C. (2011). *Logística empresarial: transportes, administração de materiais, distribuição física*. (1a. ed. 19 reimp.). São Paulo: Atlas.
- Bandyopadhyay, J. (2015). *Basics of Supply Chain Management*. (1a. ed.). USA: CRC Press.
- Bardin., L. (2016) *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Beasley, J. E. (1993). Lagrangean heuristics for location problems. *European Journal of Operational Research* 65, 383-399.
- Berman, O., Hodgson, M. J., Krass, D. (1995). Flow intercepting models. In: Drezner, Z. (Ed.), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, 427- 452.
- Boonmee, C., Arimura, M., Asada, Takumi. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.01.017>
- Borba, J. V. S., Gibbon, A. R. O. (2010). *Modelos de Custos Logísticos*. Rio Grande do Sul: Sinergia.
- Bornia, A. C. (2010). *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. (3a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Bottomore, T. (1998). *Dicionário do Pensamento Marxista*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996). *Logistical Management – The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2011). *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas.
- Bowersox, D., Cooper, M., Closs, D., & Bowersox, J. C. (2014). *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. (4a. ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Brasil. (1971). Lei n. 5.764, de 16 de dezembro de 1971. Define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- Brasil. (2019). Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resolução n. 5.848, de 25 de junho. Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.

Brasil. (2021). Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Resolução nº 5947, de 01 de junho de 2021. Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e aprova as suas Instruções Complementares, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.

Brimberg, J., Love, R. F. Estimating distances. In: Drezner, Z. (Ed.), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, Berlin, 9-32, 1995.

Brito, R. P., Berardi P. C. (2010). Vantagem competitiva na gestão sustentável da cadeia de suprimentos um metaestudo. *RAE – Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 155-169, abr. /jun.

Bulhões, R. (2007). O peso da soja na economia do estado do Paraná. *Anais do Encontro de Economia Paranaense*, Curitiba, PR, Brasil.

Campbell, J. F. (1994). A Survey of network hub location. *Locational Analysis*, 6, 31-49.

Campbell, J. F., Ernst, A.T., Krishnamoorthy, M. Hub location problems. In: Drezner, Z., Hamacher, Centros. (Eds.). (2002). *Facility Location: Applications and Theory*. Springer-Verlag, Berlin, 373-407.

Candido, N. R. (2010). *Localização de Centros distribuidores e receptores de produtos*. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Carvalho, J. (2002). *Logística*. (3a. ed.). Lisboa: Sílabo.

Caixeta Filho, J. V., Silva, N. D. V., & Gameiro, A. C. (1998). Competitividade no agribusiness: a questão do transporte em um contexto logístico. *Rev. FEA/FIA/PENSA/USP*, 6, parte c.

Castiglioni, J. A. M. (2009). *Logística operacional: um guia prático*. (2a. ed.). São Paulo: Érica.

Chan, F. T. S. (2003). Performance Measurement in a Supply Chain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology (Springer)*, 21(7), 534-548.

Ching, Centros. (2010). *Gestão de estoques na cadeia da logística integrada*. (4a. ed.). São Paulo: Altas.

Chopra, S., Meindl, P. (2011). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação*. Pearson Prentice Hall.

Christopher, M. (2002). *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégias para Redução de Custos e Melhoria de Serviços*. São Paulo: Pioneira.

Christofides, N., Beasley, J. E. (1982). A tree search algorithm for the p-median problem. *European Journal of Operational Research*, 10, 196-204.

Churn, R., Reville, C. The Maximal Covering Location Problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32(1), 101-118, 1974.

Ciribelli, M. C. (2003). *Como elaborar uma dissertação de Mestrado através da pesquisa científica*. Marilda Ciribelli Corrêa, Rio de Janeiro: 7 Letras.

Cirino, S. (2016). *Modelo de p-medianas Hierárquico e Acessibilidade: Análise dos Hospitais Públicos de Santa Catarina*. Tese de Doutorado, UFSC, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Clarivate. *Web of Science Core Collection: Web of Science*, 1-4. 2023, de <http://apps.webofknowledge.com>

Clemente, A., Souza, A. (2011). *Gestão de custos: aplicações operacionais e estratégicas: exercícios resolvidos e propostos com a utilização do Excel*. (2a. ed.). São Paulo: Atlas.

Confederação Nacional do Transporte – CNT. *Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil*. 2022. <https://centros.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil>

Corrêa Junior, G. (2001). *Principais determinantes do preço do frete rodoviário para transporte de soja em grãos em diferentes regiões brasileiras: uma análise econométrica*. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

Council Of Supply Management Professionals – CSCMP. *Supply chain management definition*, 2023. https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

Creswell, J. (2003). *Qualitative inquiry and research design*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Danchuk, V., Bakulich, O., & Svatko, V. (2019). Identifying optimal location and necessary quantity of warehouses in logistic system using a radiation therapy method. *Transport, Vilnius*, 34(2), 175-186.

Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics*, 55, 283-294. <https://doi.org/10.1002/nav.20284>

Demirel, T., Demirel, N. C., & Kahraman, C. (2010). Multi criteria warehouse location selection using Choquet integral. *Expert Systems with Applications* 37(5), 3943-3952.

Dias, M. A. P. (2010). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. (5a. ed.). São Paulo, Atlas.

Erlenkotter, D. (1981). A comparative study of approaches to dynamic facility location problems. *European Journal of Operational Research* 6, 133-143.

Farah Junior, M. (2002). Os desafios da logística e os centros de distribuição física. *FAE Bussiness*, 2, 1-3.

Faria, A. C de, & Costa, M. de F. G. (2007). *Gestão de Custos Logísticos: custeio balanceado em atividades (ABC), Balanced Scorecard (BSC), Valor Econômico Agregado (EVA)*. 4ª Edição. São Paulo: Atlas.

- Faria, A. C de, & Costa, M. de F. G. (2011). *Gestão de Custos Logísticos*. São Paulo: Atlas.
- Farias, C. M. F., & Gil, M. F. (2013). *Cooperativismo*. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia; Santa Maria.
- Figueiredo K. F. Fleury, P. F., Wanke, P. F. (Orgs.). (2003). *Logística e o gerenciamento da cadeia de suprimento: planejamento do fluxo de produtos e recursos*. São Paulo: Atlas.
- Fleury, F., Wanke, P., & Figueiredo, K. F. (2000). *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Editora Atlas.
- Franke, Centros. (1973). *O conceito de Justo Preço nas Cooperativas de Produtores*. Brasília: R. Serv. Públ.
- Frantzeskakis, M., Watson-Gandy, C. D. T. (1989). The use of state space relaxation for the dynamic facility location problem. *Annals of Operations Research* 18, 189-212.
- Gabszewicz, J., Thisse, J. F. (1979). Price competition, quality and income disparities, *Journal of Economic Theory* 20, 340-359.
- Goldratt, E. M., Cox, J. (1997). *A meta: um processo de aprimoramento contínuo*. (Ed. ampliada). São Paulo: Educator.
- Gooley, T. (1998a). Site Selection for CD's. *Chain Store Age* , 79(5), 138-140.
- Gooley, T. (1998b.) The Changing Face of Asia: How it Affects Logistics. *Logistics Management and Distribution Report*, 37(2), 45-48.
- Goolley, T. (1998c). Site Selection in Latina America: Things Are Looking Up. *Logistics Management and Distribution Report*, 37(8), 79-81.
- Gray, D. (2012). *Pesquisa no mundo real*. (2a. ed. Porto Alegre: Penso.
- Guimarães, V. D. A. (2016). *Avaliação do desempenho sustentável das alternativas de transporte urbano de passageiros*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Gurgel, F. A. (2008). *Logística industrial*. São Paulo: Atlas.
- Hair Junior, J. F., Wolfibarger, M., Ortinau, D. J., & Bush, R. P. (2010). *Fundamentos de pesquisa de marketing*. Porto Alegre: Bookman.
- Han, C., & Wang, Q. (2021). Research on commercial logistics inventory forecasting system based on neural network. *Neural Computing and Applications*, 33(2), 691-706.
- Halpern, J. (1976). The location of a center–median convex combination on an undirected tree. *Journal of Regional Science* 16, 237-245.
- Hanjoul, P., Peeters, D. (1985). A comparison of two dual-based procedures for solving the p-median problem. *European Journal of Operational Research* 20, 387-396.
- Hakimi, S. (1964). Optimal locations of switching centers and the absolute center and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 450-459.

- Hanafiah, M. D. R., Karim, N. C., Abdul Rahman, N. S. F., Abdul Hamid, S., & Mohammed, A. M. (2022). An Innovative Risk Matrix Model for Warehousing Productivity Performance. *Sustainability*, 14(7), 40-60. <https://doi.org/10.3390/su14074060>
- Handler, G. C. (1985). Medi-centers of a tree. *Transportation Science* 19, 246-260.
- Hara, C. M. (2010). *Logística, armazenagem, distribuição, trade marketing*. (7a. ed.). Campinas: Alínea.
- Havenga, J. (2010). Logistics costs in South Africa – the case for macroeconomic measurement. *South African Journals of Economics*, 78(4), 460-478.
- Hayes, D. M. (2006). Singapore Targets Logistics and Transport growth. *Logistics and Transport Focus*, 57-60.
- Hennink, M., Hutter, I., Bailey, A. (2011). *Qualitative research methods*. London: Sage Publications.
- Hodgson, M. J. (1990). A flow-capturing location–allocation model. *Geographical Analysis* 22, 270–279.
- Horngreen, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2004). *Contabilidade de Custos: uma abordagem gerencial*. (Trad. Robert B. Taylor, Revisão técnica, Arthur Ridolfo Neto, Antonieta E. M. Oliveira e Fabio G. Garcia). 1. (11a. ed.) São Paulo: Prentice Hall.
- Ilos. Panorama Ilos. (2017). *Custos Logísticos no Brasil*. Rio de Janeiro.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA – Tabela 1618. Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras*. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>
- Iudícibus, S. de. (1995). *Contabilidade gerencial*. (5a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Iudícibus, S. de, Santos, A., Gelbcke, E. R., & Martins, E. (2010). *Manual de contabilidade societária: aplicada a todas as sociedades – De acordo com as normas internacionais e do CPC*. São Paulo: Atlas.
- Jacobs T. L., Warmerdam J. M. (1994). Simultaneous routing and siting for hazardous-waste operations. *Journal of Urban Planning and Development*, 120(3), 115-31.
- Kitchenham, B., Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report*.
- Klose A., Drexl, A (2005). Facility Location Models For Distribution System Design. *European Journal of Operational Research*, 162, 4-29.
- Kuby, M. (1987). Programming models for facility dispersion: The p-dispersion and maxisum dispersion problems. *Geog Anal.*, 19, 315-329.

- Lachopoulou, M., Silleos, G., & Manthou, V. (2001). Geographic information systems in warehouse site selection decisions. *International Journal of Production Economics*, 71(1), 205-212.
- Lambert, D. M., Cooper, M. C., & Pagh, J. D. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, 9(2), 1-19. doi: <https://doi.org/10.1108/09574099810805807>
- Lambert, D. M. (1975). *The development of an inventory costing methodology: a study of the costs associated with holding inventory*. Tese de Doutorado, Graduate school of Ohio State University, Estados Unidos.
- Lauermann, G. J., Souza, A. K., Moreira, V. R., & Souza, A. Desempenho econômico-financeiro de cooperativas: o caso do programa de monitoramento da autogestão das cooperativas agropecuárias do Paraná. *Revista de Gestão e Organizações Cooperativas*, 3(6), 59-72, 2017. <https://doi.org/10.5902/2359043224144>
- Leone, G. S. G., & Leone, R. J. G. (2010). *Curso de contabilidade de custos*. (4a. ed.). São Paulo: Atlas.
- Li, X., Zhao, Z., & Zhi X. Covering models and optimization techniques for emergency response facility location and planning: a review. *Mathematics Method Operations Research*, 74, 281-310, 2011. DOI 10.1007/s00186-011-0363-4
- Lin, B., Collings, J., & Su, R. K. (2001). Supply chain costing: an activity-based perspective. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 31(10), 702-7103.
- Lorena, L. A. N. Análise Espacial de Redes com Aplicações em sistemas de Informações Geográficas. *Revista Produção Online*, 3(2). <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v3i2.623>, 2003
- Macintyre, D. K. (1983). Marketing costs: a new look. *Management Accounting (pre-1986)*. Montvale. 64(9), 20-28.
- Malhotra, N. (2006). *Pesquisa de marketing. Uma orientação aplicada*. (4a. ed.) Porto Alegre: Bookman.
- Mangal, D., & Gupta, T. K. (2015). Management of demand uncertainty in supply chain cost planning. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 22, 399-413.
- Manzouri, M., Ab-Rahman, M. N., Rosmawati, C., Mohd, C., & Jamsari, E. A. (2014). Increasing production and eliminating waste through lean tools and techniques for halal food companies, *Sustainability*, 6(12), 9179-9204.
- Mapa, S. M. S. (2007). *Localização – Alocação de instalações com sistema de informações geográficas e modelagem matemática*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.
- Marion, J. C. (2006). *Contabilidade Empresarial*. (12a. ed.). São Paulo: Atlas.

- Martins, G. de A., Pelissaro, J. (2005). Sobre conceitos, definições e constructos nas ciências contábeis. *Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos*, 2(2), São Leopoldo.:centros.redalyc.org/pdf/3372/337228656003.pdf
- Martins, P. G., Campos, P. R. (2006). *Administração de materiais e recursos patrimoniais a produção*. (2a. ed.). São Paulo, Saraiva.
- Martins, P. G., Laugen, F. P. (2009). *Administração da produção*. (2a. ed.). São Paulo: Saraiva.
- Martins, E., & Rocha, C. (2010). *Métodos de Custeio Comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas*. São Paulo: Atlas.
- Martinand, J.L. (1996). Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques 1994–1995. ENS, Cachan, 1996.
- Mello, M. S. de O. (2004). *A qualidade do clima organizacional como variável interveniente no desempenho humano no trabalho: um estudo de caso da empresa Herbarium*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Mintzberg, C., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (2004). *Ascensão e queda do planejamento estratégico*. Porto Alegre, Bookman.
- Mishra, N., Kumar, V., Kumar, N., Kumar, M., & Tiwari, M. K. (2011). Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11751-11762, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.062>
- Mondêgo, J. L. *Custos Logísticos: Instrumento de Melhoria*. (2017). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
- Moreira, F. (1990). *Estudo de Localização de Facilidades Logísticas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Moura, R. A. (1997). *Manual de logística: armazenagem e distribuição física*. (2a. ed.). São Paulo: IMAM.
- Melo Júnior, A. L., & Moraes, R. (2018). Estudo de Caso como Estratégia de Investigação Qualitativa em Educação. *Ensaio Pedagógico*, 2(1), 26-33 ISSN: 2527-158X.
- Naglis, M. M. M., & Hamacher, S. (1999). *Estudo de Caso para Localização de Armazéns Utilizando Programação Linear Inteira*. Dissertação de Mestrado, PUC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Nekooghadirli, N., Tavakkoli Moghaddam, R., Ghezavati, V. R., Javanmard, S. Solving a new bi-objective location-routing-inventory problem in a distribution network by meta-heuristics. *Computers & Industrial Engineering*, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2014.08.004>
- Novaes, A. G. (2004). *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. (2a. ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.

Nunes, F. R. de M. (2001). *A influência dos fluxos logísticos sobre o tamanho e a idade das empresas fabricantes de jeans femininos para adolescentes e jovens*. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Oi, R. K, Nogueira, D. A. C, Silva, P. H. O, Fontebasso, J, & Khalil, R. F. (2017) Aplicação do método do centro de gravidade para localização do CD de uma empresa de distribuição de medicamentos e materiais hospitalares. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Joinville, SC, Brasil, 37.

Organização das Cooperativas Brasileiras. (1996). *O cooperativismo no Brasil*. Brasília: OCB.

Organização das Cooperativas Brasileiras. *Por dentro da cooperativa*. (2014). http://centros.ocb.org.br/site/cooperativismo/por_dentro_da_cooperativa

Organização das Cooperativas Brasileiras. *Anuário do Cooperativismo Brasileiro 2020*. Brasília DF, 2021. https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/100931/1608152662Anuario_2020-vf.pdf

Ocepar. *Cooperativismo Paranaense – Cenário anual Consolidado – 2019*. (2020). http://centros.paranacooperativo.coop.br/ppc/images/Comunicacao/2020/cenarios_cooperativismo_pr/2020_consolidado_parana.pdf

O’Kelly, M. (1987). A quadratic integer program for the location of interacting hub facilities. *European Journal of Operational Research*, 32, 393-404.

Oliveira, D. de P. R. de. (2011). *Planejamento estratégico: conceitos, metodologias e práticas*. São Paulo: Atlas.

Ortúzar, J. D., & Willunsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. (4a. ed.). Wiley: London.

Owen, S. C., & Daskin, M. S. (1998). Strategic Facility Location: A Review. *European Journal of Operational Research*, 111(1), 423-447.

Padoveze, C. L. (2013). *Contabilidade de Custos*. São Paulo: Cengage Learning.

Paraná. Caderno Regional Agropecuário. (2022). SEAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná. 1. https://centros.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/202201/apresentacao_caderno_municipal4_2_0.pdf

Pardo, P. (2011). *Custos logísticos*. Maringá: Centro Universitário de Maringá/Núcleo de Educação a Distância.

Pinho, D. B. (1960). *Dicionário de cooperativismo (doutrina, fatos gerais e legislação cooperativa brasileira)*. São Paulo: E. Dotto Garcia Ltda.

Pinho, D. B. (1962). *Dicionário de Cooperativismo*. (2a. ed.). São Paulo: USP.

Pinho, D. B. (1966). *O que é cooperativismo*. São Paulo: DESA.

- Pozo, Centros. (2004). *Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística*. São Paulo: Atlas.
- Prodanov, C. C., Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. (2a. ed.) Universidade Feevale, Novo Hamburgo.
- Qin, C., Liu, C. (2022). Application of Value Stream Mapping in E-Commerce: A Case Study on an Amazon Retailer. *Sustainability*, 14(2), 713. <https://doi.org/10.3390/su14020713>
- Ramos, P. R. R. (2015). *Estudo para Implantação de Centro de Distribuição de produtos farmacêuticos na cidade de Uberlândia (MG)*. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
- Reese, J. (2006). *Solution Methods for the p-Median Problem: An Annotated Bibliography*. *Networks*, (August 2005), 1-25.
- Revelle, C. S. (1986). The maximum capture or "sphere of influence" location problem: hotelling revisited on a network. *Journal of Regional Science*, 26(2), 343-358.
- Revelle, C., Cohon, J., Shobrys, D. (2001). Simultaneous siting and routing in the disposal of hazardous wastes. *Transportation Science* 25(2), 138-45.
- Revelle, C., Williams, J. C., Boland, J. J. (2002). *Counterpart models in facility location science and reserve selection science*. Department of Geography and Environmental Engineering, Johns Hopkins University, MD 21218, USA.
- Revelle, C. S., Eiselt, C. A. (2005). Location analysis: a synthesis and survey - invited review. *European Journal of Operational Research*, 165 1-19.
- Rodrigues, E. F., Pizzolato, N. D., Andrade, B. G., & Souza, R. O. (2014). A Economicidade dos Centros de Distribuição: O Caso do Varejo. *Sistemas & Gestão*, 9(4), 518-526.
- Rodríguez, J. V., Cómbita Nino, J. P., Negrete, K. A. P., Mercado, D. C., & Fontalvo, L. A. Optimization of the distribution logistics network: a case study of the metalworking industry in Colombia. *Procedia Computer Science*, 198, 524-529, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.280>, 2022
- Rojas Coria, R. (1961). *Introducción ao estudo del cooperativismo*. México: Talleres Graficos de la nación.
- Rosa, I., Abreu, I., & Pedrozo, I. (2016) Avaliação da localização do centro de distribuição da empresa aes sul - distribuidora gaúcha de energia em relação aos depósitos regionais. *Rev. Adm. UFSM*, Santa Maria, 9(3), 356-37.
- Rybakov, D. S. (2016). Total cost optimisation model for logistics systems of trading companies. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 27(3), 318-342.
- Sandhusen, R. L. (2010). *Marketing básico*. São Paulo: Saraiva.
- Sanches, A. C., Moreira, V. R., & Fontanini, C. A. C. (2020). Riscos em operações de troca no agronegócio: análise de modelo de gerenciamento de riscos para cooperativas. *Revista de*

Gestão e Organizações Cooperativas – RGC, Santa Maria, RS, 7(14).
10.5902/2359043240779ISSN: pp. 2359-0432

Sebastian, F., Yanual, A. R., & Novitasari, N. (2022). Feasibility Analysis of Financial Aspect in Determining Optimal Last Mile Warehouse Location Using P-Median Method. *Proceedings of the Conference on Broad Exposure to Science and Technology*. 332-344. <https://doi.org/10.2991/aer.k.220131.050>

Schilling, D. A. (1980). Dynamic location modeling for public-sector facilities: A multicriteria approach. *Decision Sciences* 11, 714-724.

Schneider, J. O. (1991). *Democracia, participação e autonomia cooperativa*. São Leopoldo: UNISINOS.

Schneider, J. (2012). A doutrina do cooperativismo: análise do alcance, do sentido e da atualidade dos seus valores, princípios e normas nos tempos atuais. *Cadernos Gestão Social*, 3(2), 251-273.

Schlüter, M. R. (2009). *Logísticos de Transportes*. Universidade Luterana do Brasil. Curitiba: Ibpx.

Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. (2022). *Levantamento da Produção Agropecuária*. https://centros.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-09/cprbr.xls.

Serra, D., Reville, C. (1990). Competitive location and pricing on networks. *Geographical Analysis*, 31, 109-129.

Shulman, A. (1991). An algorithm for solving dynamic capacitated plant location problems with discrete expansion sizes. *Operations Research*, 39(3), 423-436.

Singer, P. (2002). *Introdução à economia solidária*. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo.

Singh, R. K., Chaudhary, N., & Saxena, N. (2018). Selection of warehouse location for a global supply chain: A case study. *IIMB Management Review*, 30(4), 343-356. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.08.009>

Silva, A. A. (1992). *Política social e cooperativas habitacionais*. São Paulo: Cortez.

Silva, F. S., Catelli, F. (2020). Os modelos no ensino de ciências: reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 42, e20190248.

Silva, E. L., Menezes, E. M. (2005). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. (4a. ed.). Florianópolis: UFSC.

Silva, E. N. A. (2006). *Centralização da distribuição e custos de transporte: estudo de caso da Ambev*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Silva, M. B. (2007). *Otimização de redes de distribuição física considerando incentivo fiscal baseado no crédito presumido de ICMS*. (Dissertação de Mestrado), USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Silva, A. J. (2020). *Revisão de processos nEsa logística interna em uma empresa do segmento automotivo*. Dissertação de Mestrado, UNESP, Guaratinguetá, São Paulo, Brasil.
- Slats, P., Bhola, B., Evers, J., Dijkhuizen, G. (1995). Logistic chain modeling. *European Journal of Operational Research*, 87, 1-20.
- Snyder, L. V., Daskin, M. S., Teo, C. P. (2007). The stochastic location model with risk pooling. *European Journal of Operational Research*, 179, 1221-1238.
- Taboada, C. (2002). Logística: o diferencial da empresa competitiva. FAE Bussiness, Curitiba, n. 2, http://centros.fae.edu/publicacoes/fae_business.asp#2
- Tadaros, M. (2022). *New Modelling Approaches for location an routing problems towars sustainable logistic systems*. Tese de Doutorado, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.
- Tavares, L., Oliveira, R., & Themido, I. (1996). *Investigação Operacional*. (2a. ed.). Lisboa: McGraw Hill.
- Taylor, G. D. (2009). *Introduction to Logistics Engineering*. London: CRC Press.
- Thiollent, M. (2009). *Metodologia de Pesquisa-ação*. São Paulo: Saraiva.
- Toregas, C., Swain, R., Reville, C., Bergman, L. (1971). The Location of emergency service facilities. *Operations Re- search*, 19, 1363-1373.
- Tsuchida, T. C. (2008). *Modelagem da localização de polos de venda de derivados de petróleo*. Dissertacao de Mestrado. PPGEI - PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Turgut, B. T., Tas, G., Herekoglu, A., Tozan, C., & Vayvay, O. (2011). A fuzzy AHP based decision support system for disaster centre location selection and a case study for Istanbul. *Disaster Prevention and Management* 20, 499-520.
- Uelze, R. (1974). *Logística empresarial: uma introdução à administração dos transportes*. São Paulo: Pioneira.
- Van Roy, T. J., Erlenkotter, D. (1982). A dual-based procedure for dynamic facility location. *Management Science*, 28(10), 1091-1105l.
- Vergara, S. C. (2000). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas.
- Voordijk, C. (2010). Physical distribution costs in construction supply chains: a systems approach. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 7(4), 456-471.
- Wanke, P. (2001). Aspectos fundamentais do problema de localização nas instalações em redes logísticas. *Revista Tecnológica*, 5(3), São Paulo.

Wantanakomol, S. (2021). The effect of guidelines on reducing logistics costs. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(3), 667-674.

Weber, A. (1909). *Über den Standort der Industrien*, Tübingen, English translation, by C.J. Friedrich. *Theory of the location of industries*, University of Chicago Press.

Weiyi, F., Luming, C. (2009). The discussion of target cost method in logistics cost management. *ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, 4(1), 537-540.

Whicker, L., Bernon, M., Templar, S., & Mena, C. (2009). Understanding the relationships between time and cost to improve supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 121(2), 641-650.

Wu, J., & Radbone, I. (2005). Global integration and the intra-urban determinants of foreign direct investment in Shanghai. *Cities*, 22(4), 275-286.

Yang, J., & Lee, H. (1997). An AHP decision model for facility location selection. *Facilities*, 15 (9/10), 241-254.

Yin, R. K. (2011). *Estudo de Casos: Planejamento e Métodos*. (4a. ed.) São Paulo: Bookman.

Yoshizaki, C. T., Brito Junior, I., Mendes, A. A., Silva, N. G. D. (2021). Localização de instalações em cadeias de suprimentos com rupturas: uma revisão da literatura. *Produção online*, 21(4), 1165-1190.

Zografos, K. G., Samara S. (1990). Combined location-routing model for hazardous waste transportation and disposal. *Transportation Research Record*, 1245, 52-59.

ANEXO A Roteiro de entrevista

Objetivo: compreender contexto de operação logística de distribuição de defensivos químicos da cooperativa, incluindo atual modelo, características dos produtos, metas de crescimento e oportunidades e particularidades do negócio.

1. Como funciona o negócio de defensivos químicos da cooperativa? Desde previsão da demanda, compra, saída do fornecedor até os produtos chegarem as unidades.
2. Quantos CDs a cooperativa possui? Tudo é centralizado no CD?
3. Alguma unidade recebe mercadoria diretamente do fornecedor (sem passar pelo CD)? Se sim, quais e motivo.
4. Como a mercadoria chega do fornecedor até as lojas?
5. Qual o custo do frete interno da cooperativa? Qual o custo praticado pelo fornecedor até a cooperativa (frete externo)?
6. Quantos são, quem são e onde estão os fornecedores desses produtos?
7. Qual as particularidades de transporte desses produtos? Existe alguma restrição a ser considerada?
8. Qual as particularidades de transporte desses produtos? Existe alguma restrição a ser considerada?
9. Qual a capacidade total (estática e móvel) do atual CD?
10. Qual a taxa de uso do atual CD?
11. Qual a perspectiva de crescimento da cooperativa para os próximos anos? O atual CD possui capacidade para suprir esse crescimento? Caso não seja suficiente quantas posições a mais de armazenagem serão necessárias?
12. Já houve alguma cotação para ampliação do CD? Quanto ficou?
13. Já houve cotação para construção de um novo CD? Quanto ficou?
14. Há possibilidade das unidades receberem produtos sempre direto do fornecedor? Em caso negativo, qual o motivo? Em caso afirmativo, por que isso não é praticado?