



Ana Carolina Souza de Carvalho

**Otimização da Logística Reversa do E-Commerce
no Sistema de Fardamento Reembolsável
da Aeronáutica**

Dissertação de Mestrado (Opção Profissional)

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Logística, do Departamento de Engenharia Industrial da PUC-Rio.

Orientadora: Prof. Luciana de Souza Pessôa

Rio de Janeiro
setembro 2023



Ana Carolina Souza de Carvalho

**Otimização da Logística Reversa do E-Commerce no
Sistema de Fardamento Reembolsável
da Aeronáutica**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Logística da PUC-Rio. Aprovada pela
Comissão Examinadora abaixo:

Prof. Luciana de Souza Pessoa

Orientadora

Departamento de Engenharia Industrial – PUC - Rio

Dr. Victor Abu-Marrul Carneiro da Cunha

Raízen Energia

Prof. Marcelo Xavier Seeling

Departamento de Engenharia Industrial – PUC - Rio

Rio de Janeiro, 28 de setembro de 2023

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e da orientadora.

Ana Carolina Souza de Carvalho

Graduou-se em Ciências da Logística, com ênfase em Intendência da Aeronáutica, em Administração com ênfase em Administração Pública pela Academia da Força Aérea, em 2013. Pós-graduada em Liderança e Gestão de Pessoas, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2021. Atualmente, desempenha a função de Chefe da Assessoria de Sistemas da Subdiretoria de Abastecimento.

Ficha Catalográfica

Carvalho, Ana Carolina Souza de

Otimização da logística reversa do e-commerce no sistema de fardamento reembolsável da Aeronáutica / Ana Carolina Souza de Carvalho; orientadora: Luciana de Souza Pessôa. – 2023.

91 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2023.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Orçamento público. 3. Sistema de fardamento reembolsável. 4. E-commerce. 5. Logística reversa. 6. Programação linear. I. Pessôa, Luciana de Souza. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

A Deus, centro da minha vida, aos meus pais, Jair e Sandra, por terem me dado alicerce para ser quem sou, ao meu marido, Ewerton, incentivador e exemplo para o estudo e conhecimento, e ao professor Olavo de Carvalho, por me ensinar que o conhecimento é o único bem que não se pode usurpar, e com o qual se proporciona a mudança.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, fonte de toda minha energia, fé e persistência, sem o qual não poderia analisar matematicamente as circunstâncias da vida e nem esta dissertação seria possível.

Aos monitores Letícia e Flávio, que me ajudaram com sua boa vontade e companheirismo, dispensando seu tempo e conhecimento. Ao professor Mário Bitencourt e a minha orientadora Luciana, pela paciência de toda quinta-feira, pelas brilhantes ideias e pela assessoria e mentoria. Sem vocês este trabalho não poderia ser concluído.

Aos meus colegas de classe Juliana, Jorge Francisco, Bárbara e Joici, que foram fundamentais para a conclusão desta etapa em minha vida, estiveram ao meu lado durante as aulas, com quem troquei experiências e aprendi muito!

Ao meu marido por me ouvir em momentos difíceis e me proporcionar o suporte que precisava para continuar e ao meu filho que espero ansiosa e que passou junto comigo todas as emoções da conclusão deste trabalho.

À Aeronáutica por ter me designado e confiado a fazer o curso de mestrado em logística, lembrarei sempre a oportunidade e confiança.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

De Carvalho, Ana Carolina Souza; Luciana de Souza Pessoa (Orientadora). **Otimização da Logística reversa do e-commerce no sistema de fardamento reembolsável da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, 2023. 91p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A administração pública possui responsabilidade orçamentária regida por legislações que estabelecem a transparência na adequação dos recursos públicos. Pautado por essas Leis, o orçamento público é composto pelo plano plurianual, diretrizes orçamentárias e orçamentos anuais, que garantem a estimativa de receita a ser aplicada em cada exercício financeiro. É imprescindível que o planejamento de aquisição e de estrutura dos sistemas considerem o momento de restrição orçamentária através dos regulamentos mencionados anteriormente, adicionados à Lei de Responsabilidade Fiscal, que estabelece o teto de gastos e a natureza a ser cumprida na aplicação dos valores. A ação 21A0 destinada ao Sistema de Fardamento Reembolsável, é classificada como investimento, portanto uma despesa discricionária, tendendo a diminuir o recebimento de recursos nos anos seguintes, fazendo-se de grande valor estudos cujo objetivo alcance a diminuição dos gastos para o acompanhamento do cenário nacional. Sendo assim, esta dissertação em uma primeira análise tem a intenção de apresentar uma metodologia através de um modelo matemático da p-Mediana, que indique qual melhor destino a ser enviada uma mercadoria do e-commerce, considerando a origem do usuário, aplicando para isto, a minimização do custo de frete e do custo fixo dos Postos de Venda de Fardamento Reembolsável (PRVF). Em uma segunda análise de sensibilidade, são realizadas rodagens no modelo para apresentar a variação do custo total dos postos a cada fechamento de funcionamento e, então, mostrar qual o número ideal de PRVF que deve ser mantido aberto, para que a Aeronáutica alcance o custo mínimo desta operação.

Palavras-chave

Orçamento Público; Sistema de Fardamento Reembolsável; E-commerce; Logística Reversa; Programação Linear; p-Mediana.

Abstract

De Carvalho, Ana Carolina Souza, Luciana Pessoa (Advisor). **Optimization of e-commerce reverse logistics in the Air Force's refundable uniform system**. Rio de Janeiro, 2023. 91p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Public administration has a budgetary responsibility ruled by a legislation which establishes transparency in the adequacy of public resources. Guided by these laws, the public budget is composed of the multi-year plan, budgetary guidelines and annual budgets, which guarantee the estimate of revenue to be applied in each financial year. It is essential that the acquisition planning and the system structure consider the moment of budget restriction through the regulations mentioned above and also the Fiscal Responsibility Law, which establishes the expenditure ceiling and the nature to be complied with in the application of the values. Action 21A0 for the Reimbursable Uniform System is considered an investment, therefore a discretionary expense, tending to reduce the receipt of funds in subsequent years, making studies of great value whose objective is to reduce expenses for monitoring the national scenario. In this regard, this dissertation in a first analysis intends to present a methodology through a p median mathematical model, which indicates the best destination to be sent the e-commerce merchandise, considering the user's origin, applying for this, the minimization of the freight cost and the fixed cost of the Reimbursable Uniform Sale Points. In a second sensitivity analysis, the model is run in order to present the operating cost of the stores based on their closure, and then show the ideal number of PRVF that must be kept open for the Air Force to reach the minimum cost of operation .

Keywords

Public budget; Refundable Uniform System; E-commerce; Reverse logistic; Linear Programming; P-Median.

Sumário

1. Introdução	14
2. Referencial teórico	18
2.1 Orçamento Público	19
2.2 Modelos de localização	22
2.3 Modelos de Localização discreta	25
2.3.1 Modelos de cobertura	25
2.3.2 Modelos Baseados em Mediana	33
2.3.3 Outros Modelos	337
2.4 Logística Reversa do <i>e-commerce</i>	38
2.5 Caracterização da Operação	41
2.5.1 Subdiretoria de Abastecimento	42
2.5.2 Etapas da Cadeia Logística de Distribuição da Aeronáutica	46
3. Metodologia de Pesquisa	49
3.1. Definição do Problema	51
3.1.1 Fornecimento do Fardamento	52
3.2 Implantação do <i>E-commerce</i> no SIFARE	53
3.3 Logística Reversa do <i>E-commerce</i> no SIFARE	54
3.4 Método Proposto	55
3.4.1 Modelo Matemático	55
3.5 Aquisição dos dados	58
3.5.1 Produto Padrão	59
3.5.2 Custos de Frete	61
3.5.3 Demanda	63
3.5.4 Custos Fixos	63
4. Experimentos e Resultados	66
4.1 Aplicação do modelo Matemático	66
4.2 Minimização dos Custos	68
4.3 Análise de sensibilidade	71
4.4 Ponto de inflexão	75
4.5 Discussão	80
5. Conclusão	82
6. Referências Bibliográficas	84

<https://drive.google.com/drive/folders/1Cxd2SX-nPtH8Eha6NVI9bqBID13P2jiC?usp=sharing>

Lista de figuras

Figura 1: Classificação dos modelos discretos	25
Figura 2: Crescimento do <i>e-commerce</i> no mundo	40
Figura 3: Organograma da SEFA	41
Figura 4: Fluxograma 1º Etapa	47
Figura 5: Fluxograma 2º Etapa	47
Figura 6: Fases de um estudo de Pesquisa Operacional	50
Figura 7: Fluxograma da Logística Reversa do <i>e-commerce</i>	54
Figura 8: Mapa com os 28 PRVF no Brasil	57
Figura 9: Origens – Organizações Militares	69
Figura 10: Mapa do Resultado com e sem a restrição.	71
Figura 11: Mapa do resultado sem a restrição do PRVF Fixo.	74
Figura 12: Mapa do Resultado com a Restrição do PRVF Fixo.	75
Figura 13: Mapa do Resultado do Ponto de Inflexão sem a Restrição do PRVF Fixo.	76
Figura 14: Mapa do Resultado do Ponto de Inflexão com a Restrição do PRVF Fixo	78

Lista de tabelas

Tabela 1: Principais diferenças entre a logística tradicional e a logística do <i>e-commerce</i> .	39
Tabela 2: Classificação dos PRVF.	58
Tabela 3: Planilha de Dados (PRODUTOPADRAO) – Apêndice I.	60
Tabela 4: Planilha de Dados (TROCAS PRVF) – Apêndice II.	60
Tabela 5: 1º Etapa – Sem Restrição (5) E Com Restrição (5).	69
Tabela 6: Análise sem Restrição (5).	72
Tabela 7: Análise com Restrição (5).	73
Tabela 8: Ponto de Inflexão sem Restrição (5).	76
Tabela 9: Ponto de Inflexão com Restrição (5).	78
Tabela 10: Análise de sensibilidade.	80

Lista de Siglas e Abreviaturas

AB1	Divisão de Provisão e Fardamento Reembolsável
AB2	Divisão de Padronização
AB3	Divisão de Distribuição
AB4	Divisão de Subsistência
CEP	Código de Endereçamento Postal
COMAER	Comando da Aeronáutica
DIRAD	Diretoria de Administração da Aeronáutica
FAB	Força Aérea Brasileira
GRU	Guia de Recolhimento da União
IATA	Entidade Internacional das Empresas Aéreas
IDE	Integrated Development Environment
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
JIT	Just-in-time
LRA	Logística reversa em agência
LRD	Logística Reversa Domiciliar
LRSD	Logística Reversa Simultânea Domiciliar
MP	Ministério do Planejamento
NL	Nota de Lançamento
NSCA	Norma do Sistema de Provisões da Aeronáutica
NSCA	Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica
OB	Ordem Bancária
OM	Organizações militares
PAC	Prático, acessível e confiável
PO	Pesquisa Operacional
PRVF	Postos de Venda de Fardamento Reembolsável
ROCA	Regulamento de Organização do Comando da Aeronáutica
RUMAER	Regulamento de Uniformes para os Militares da Aeronáutica
SDAB	Subdiretoria de Abastecimento
SEDEX	Serviço de Encomenda Expressa Nacional
SEFA	Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica

SIA	Sistema Integrado de Abastecimento
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira
SIFARE	Sistema de Fardamento Reembolsável
SILOMS	Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços
SISPROV	Sistema de Provisões
SOF	Secretaria de Orçamento e finanças
TCA	Tabela do Comando da Aeronáutica
VSC	Visual Studio Code

“A Liberdade de palavra e pensamento é a grande promotora de uma sociedade livre, na qual o investigador possa deixar que a verdade o conduza aonde quiser. Nesse sentido, todos podem contribuir para o bem em jogo. Não significa que todos teremos as mesmas opiniões em tudo, mas garante que nenhum caminho será fechado por censuras artificiais. Para o homem, em verdade, uma existência não examinada não vale a pena viver.”

Bertrand Russel

Introdução

As organizações são o resultado das interações entre os indivíduos que a compõem e os sistemas utilizados para o seu funcionamento, sendo o caráter dinâmico predominante nas relações de trabalho, que proporcionam a execução das atividades logísticas da Aeronáutica. Ao iniciar o assunto relativo à cadeia de suprimento de fardamento operado pela Força Aérea Brasileira (FAB), é importante destacar e explicitar as funções atreladas às Organizações militares (OM) envolvidas em todo o processo, destrinchando a autonomia e responsabilidade de cada unidade.

Conforme estabelecido no Regulamento da Diretoria de Administração da Aeronáutica (DIRAD) do Comando da Aeronáutica (ROCA 21-26) (Brasil, 2016), cabe à Subdiretoria de Abastecimento (SDAB), através da divisão de Provisões e Reembolsáveis, executar o apoio logístico em material de intendência e fardamento. Além disso, a SDAB é responsável por padronizar, elaborar especificações técnicas e controlar a qualidade dos itens adquiridos por meio de seu Laboratório.

Segundo a Norma do Sistema de Provisões da Aeronáutica (NSCA) 168-1 (Brasil, 2019), a aquisição dos fardamentos e materiais de intendência por uma única Organização do Comando da Aeronáutica (COMAER) para todo efetivo da FAB faz-se necessária para padronizar e melhorar a qualidade dos uniformes e seus acessórios a serem distribuídos à tropa. Destarte está configurada a missão institucional da SDAB, no que tange a todo o apoio logístico de material de intendência, desempenhando papel essencial na manutenção da soberania do espaço aéreo nacional, missão da Força Aérea Brasileira.

A Secretaria de Economia, Finanças e Administração da Aeronáutica, atua como Órgão Central, exercendo suas atribuições sistêmicas por intermédio da DIRAD. Existem dois sistemas responsáveis pelo controle e administração do estoque de fardamento, sendo eles: Sistema de Provisões (SISPROV) e Sistema de Fardamento Reembolsável (SIFARE). Tal gerenciamento é possibilitado pela utilização de sistemas específicos para cada um dos elos mencionados, o SISPROV utiliza o Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS) e o

SIFARE usa o Sistema Integrado de Abastecimento (SIA), conforme estabelecido na NSCA 168-1 (Brasil, 2019).

Cabe ressaltar que a separação de elos e sistemas é aplicada pois o SISPROV é responsável pela distribuição de material de intendência e fardamento gratuito para as Organizações. O SIFARE é responsável pela venda de todo material que não se enquadra na tabela de distribuição gratuita de fardamento.

As vantagens da implantação do *e-commerce* englobam a possibilidade de proporcionar ao consumidor mais opções, e horários alternativos para efetivar a compra, otimização do tempo, tendo em vista a praticidade de escolha online e comparação de preços e produtos. Dentro da FAB, além dos fatores descritos acima, é possível transpor a barreira da distância e consequente escassez de acesso aos fardamentos para militares, que se encontram servindo em locais remotos e de difícil implantação de um centro de distribuição.

Do ponto de vista da logística reversa, persiste uma dificuldade de definição da melhor opção para a sua implantação e disponibilização, tendo em vista o modelo ser diferente da proposta do mercado, não existindo intuito de competitividade para atração de um número maior de consumidores. A satisfação do consumidor está intimamente ligada à economicidade.

Pretendendo atender “*on time*” o efetivo da Aeronáutica, um projeto foi criado pela Divisão de provisão e fardamento reembolsável, com o intuito de fazer chegar o material em todas as unidades através do *e-commerce*.

O *e-commerce* brasileiro vem registrando sucessivos aumentos de consumo conforme relatado pela NEOTRUST (2022), empresa especialista em dados e inteligência sobre o *e-commerce* brasileiro. Os dados apontam o destino a ser seguido pelo mercado moderno. Os serviços fornecidos precisam estar interligados e fornecer atendimento prático e cômodo, através de plataformas na internet.

Com a criação de multicanais e o crescimento do seu atendimento, o mercado anseia por uma reestruturação nos modelos de operação e logística. O desafio é atender compras online e físicas com o objetivo de fazer com que o consumidor não consiga diferenciar o ambiente online do off-line, criando assim o modelo de compra perfeita.

Para Hubner et al (2016) a integração de canais é especialmente relevante, pois o número crescente de canais também aumenta a complexidade do ponto de

vista logístico. Para os varejistas, a crescente importância das vendas online significa a criação de novos modelos de operações e logística para reabastecer não apenas as lojas, mas também para atender diretamente os clientes.

A importância da logística reversa tem se destacado cada vez mais desde a expansão do comércio por meio digital conforme estudo da NEOTRUST (2022). Gestores e proprietários de empresas de todos os portes agora reconhecem a relevância crucial da experiência pós-venda para incentivar a fidelidade do cliente e garantir que eles voltem a fazer negócios. A integração dos canais possibilita a informação atualizada, eficiência no atendimento, confiabilidade de informações e redução de custos operacionais.

Nesse contexto, dada a importância do planejamento de aquisição e distribuição de fardamento e suas consequências, a pergunta de pesquisa dessa dissertação é a seguinte: Qual a quantidade de postos devem permanecer abertos mantendo o modelo menos custoso para Aeronáutica? Para responder esta pergunta o objetivo principal deste estudo é analisar o modelo proposto com o intuito de minimizar o custo de frete da logística reversa do *e-commerce*, tendo como objetivo secundário, determinar qual é o PRVF mais adequado para o envio de produtos com base na localização do consumidor.

Posteriormente, foi realizada uma análise de sensibilidade, apresentando os resultados baseados nas quantidades de PRVF's que permanecem abertos, de acordo com a proposta da equipe técnica. O estudo conclui assinalando a melhor proposta de PRVF's abertos que se adequam à estrutura organizacional da Aeronáutica visando otimização dos gastos obtidos através do ponto de inflexão.

Para a construção do modelo, são analisados os 28 postos de venda de fardamento e 371 OM's. É aplicado o conceito de problema de localização, abrangendo todos os locais de interesse (áreas de demanda), dentro do território nacional.

Para atingir o objetivo apresentado, alguns pontos foram primeiramente definidos, sendo eles:

- Produto Padrão: a definição do produto é relevante para que as informações de dimensões do material fossem estabelecidas;
- Custo do Frete: o custo do frete foi calculado utilizando a base de dados dos correios ao inserir as informações específicas do produto padrão, sendo o

mesmo ponderado pela demanda;

- Demanda: composta pelo cálculo da quantidade de trocas proporcionalmente distribuída para cada uma das OM; e
- Custo Fixo Total: composto pela soma dos custos do consumo de energia elétrica e de água do PRVF.

Após a sua consolidação, os dados definidos foram introduzidos no modelo estruturado e as rodadas foram efetuadas para a realização das análises.

A presente dissertação encontra-se estruturada em 6 capítulos. O capítulo 2 é o referencial teórico que descreve as legislações e estrutura do sistema ao qual esta pesquisa está inserida, bem como, é utilizado como base para estruturar o tema da logística reversa do *e-commerce* no SIFARE. O Capítulo 3 é a metodologia de pesquisa desenvolvida para a formulação dos modelos e o alcance dos resultados, seguindo o modelo dos nomes das etapas da metodologia da pesquisa, com algumas adaptações, e descreve o desenvolvimento do modelo na programação. O Capítulo 4, experimentos e resultados, demonstra a aplicação do modelo e análise dos resultados; Capítulo 5, conclusão e recomendação para estudos futuros e por último as referências bibliográficas no capítulo 6.

2

Referencial teórico

O objetivo de criação de projetos dentro da administração pública deve seguir e ser coberto pelos princípios elencados no Artigo nº 37 da Constituição federal (Brasil, 1988), sendo eles: legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência. Nossas contratações preveem sempre o interesse público e devem ser norteadas pelo menor custo.

Tendo em vista a área de inserção a ser aplicado o estudo abordado, vale ressaltar que Motta, Schmitt e Vasconcellos (2016) argumentam:

Pode-se caracterizar a logística militar como reconstrutiva e intensa. Mesmo que todas as atividades e tarefas logísticas sejam concebidas para serem praticadas de forma idêntica, na realidade não o serão, resultando em efeitos diversos. Duas unidades de apoio logístico de mesma natureza nunca realizarão uma atividade, como uma triagem médica, de forma semelhante.

O Brasil é um país de proporções continentais que possui 26 estados e o Distrito Federal, dentro destes, a Força Aérea Brasileira possui 28 Unidades apoiadoras e 371 OM a serem apoiadas pela Subdiretoria de Abastecimento no fornecimento de fardamento reembolsável. Diante disso, a FAB supera os desafios de todas as regiões, atendendo suas unidades apoiadas.

A Subdiretoria de abastecimento realiza o ressuprimento anual, de todas as unidades sediadas no Brasil, e este trabalho implica em diversas demandas de produtos completamente diferentes, desde uniformes até peças de atividades especiais para emprego operacional, sendo assim, Wuet al (2005) destaca que a terceirização pode representar uma boa alternativa para permitir que a empresa se concentre em suas atividades principais.

Rogers e Tibben-Lembke (1999) definem logística reversa como “Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino.”

O sistema logístico de uma Força Armada deve ser capaz de sustentar os elos sob sua responsabilidade assegurando-se pela flexibilidade, adaptabilidade e

sustentabilidade. É necessária uma visão empírica e ampla dos sistemas utilizados para a aplicação de ações assertivas e que produzam resultado tempestivo.

Para Daskin (1995), os modelos matemáticos para localização devem responder a questões como quantas instalações devem ser localizadas, onde localizá-las, qual é seu tamanho e como deve ser alocada a demanda por produtos/serviços em cada uma destas instalações. Para o atendimento deste tipo de demanda foram criados os Problemas de Localização de Instalações.

Nesta revisão de literatura nota-se que existem diversos pontos de vista que podem ser aplicados para otimizar o sistema em análise. A maioria dos modelos matemáticos que abordam o sistema de localização são projetados com o intuito de desvendar perguntas relacionadas à quantas instalações devem ser abordadas e onde devem ser implantadas. Essas questões basicamente são respondidas em uma base formada pelo custo e atendimento ao cliente. Como diz Daskin (1995), o número de instalações a serem localizadas, bem como o tamanho das instalações individuais, é muitas vezes uma função do serviço/custos de transação. A melhoria do atendimento ao público, aliada à minimização de custos, são pontos fundamentais que levam as empresas a se preocuparem na melhor escolha quanto aos modelos de localização que devem ser empregados.

2.1

Orçamento Público

Estruturado basicamente pelas receitas e despesas, o orçamento público é elemento chave para o balanceamento dos gastos públicos, priorizando as necessidades da sociedade. Funciona como o controle de diligência dos recursos adquiridos por meio de impostos ou receitas diversas e o seu consequente emprego anual.

Para Bezerra Filho (2012), o orçamento público é um instrumento legal de planejamento das três esferas de poder e, baseado no planejamento, controla os gastos, faz a gestão dos recursos, promove a distribuição de renda e o controle econômico.

“O orçamento público é também conhecido como o procedimento e conjunto abrangente de registros pelos quais são concebidos, manifestados, aprovados,

executados e avaliados os projetos e programas de infraestrutura, serviços e compromissos governamentais, incluindo uma estimativa de receitas e alocação de despesas para cada período financeiro.” (SILVA, 2007).

Saúde, educação, assistência social, cultura e segurança, são alguns exemplos de políticas públicas que funcionam através do repasse de verbas provenientes do Orçamento planejado pela União, estados e municípios.

a) Execução Orçamentária

Segundo Giacomoni (2017) existem dois passos a serem seguidos na execução orçamentária, o primeiro é a classificação das despesas conforme previsão legal e o subsequente trata exatamente de registrar os créditos orçamentários e respectivas dotações de forma a possibilitar o acompanhamento da evolução dos saldos das dotações.

O crescimento da despesa pública ocorreu em três períodos, conforme relatado por Giacomoni (2017) a participação do País na Segunda Guerra Mundial "no período 1955/60, o programa desenvolvimentista foi só parcialmente financiado pelo aumento da carga tributária, ficando a cobertura do déficit do setor público por conta de fórmulas inflacionárias"; c) políticas econômicas cujos objetivos eram o combate à inflação e ao crescimento econômico, que resultaram em forte aumento da carga tributária e na progressiva diminuição do déficit do governo.

b) Despesa Pública

Segundo a Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964, a classificação da despesa é dada através de grupos, sendo eles: 1 - Pessoal e Encargos Sociais; 2 - Juros e Encargos da Dívida; 3 - Outras Despesas Correntes; 4 - Investimentos; 5 - Inversões Financeiras; 6 - Amortização da Dívida; e 9 - Reserva de Contingência, que são discriminados entre despesas obrigatórias e despesas discricionárias. (BRASIL, 1964)

- Despesas Obrigatórias

Para Oliveira (2009):

“Despesas Obrigatórias são despesas protegidas por alguma norma constitucional ou legal, cuja cobertura conta com fontes específicas de receita vinculada, tais como educação e saúde, além das despesas decorrentes de direito legalmente constituídos, como as que se referem ao custeio dos beneficiários da Previdência Social, o pagamento dos servidores públicos e as transferências constitucionais legais.”

Mais de 90% do orçamento da LOA é destinado às despesas obrigatórias, tendo em vista, a existência de gastos predeterminados por normas vigentes, contudo, Salto, Pellegrini e Courin (PODER 360, 2020) comentam que o avanço das despesas obrigatórias é o principal responsável pelo desequilíbrio das contas públicas nos três níveis de governo, para eles, esse sistema gera uma situação fiscal insustentável de déficits primários, endividamento e redução dos investimentos públicos.

Buscando solução das problemáticas evidenciadas pelo trespasse do teto de gastos, alguns dispositivos como a aplicação de reformas no âmbito da previdência foram propostos, visando a regularização dos cofres e fortalecimento das normas que regem o sistema orçamentário brasileiro.

- Despesas Discricionárias

“O espaço das despesas não obrigatórias é restrito e tende a diminuir nos próximos anos com a imposição do teto de despesas e a continuidade do aumento das despesas previdenciárias. É relevante ressaltar novamente que a vinculação de recursos garantiu o crescimento e o fortalecimento das áreas sociais, como apresentado no texto, porém trouxe desafios para o financiamento das demais políticas, pois dificulta o atendimento de demandas não protegidas por vinculações.” (PERES e SANTOS, 2020).

O processo de distribuição de verbas, segundo Souza (2018), vai homeopaticamente sucateando as organizações militares, considerando que os recursos não contingenciados são dirigidos às despesas obrigatórias”, sendo menos de 10% da LOA, o montante destinado às despesas discricionárias.

A importância deste estudo reside no fato de seu recurso estar classificado como despesas de investimento. A implantação do *e-commerce* e consequentemente do sistema que apoia a sua logística reversa, objeto deste estudo, se enquadra em um dos fatores essenciais para o desenvolvimento do país, papel desempenhado pelas despesas não obrigatórias, que se distribuem em investimentos, em infraestrutura, apoio à pesquisas científicas e manutenção de políticas públicas.

Sendo assim, persiste a preocupação com os custos da operação através de sua consequente minimização, levando-se em consideração o orçamento limitado disponível para a aplicação no projeto da logística reversa do *e-commerce*.

2.2

Modelos de localização

Os problemas de localização são enquadrados em categorias que englobam fatores da natureza, quantidade de instalações, interligação dos dados e o tempo. Atuam em uma área determinística para as atividades dentro de uma empresa, seu objetivo é alocar instalações e lugares adequados por meio da seleção ideal. A localização de uma instalação é decidida por fatores preponderantes diante dos demais, a depender do objetivo e tipo de negócio.

Os problemas de localização tiveram base a partir de um modelo matemático clássico de Steiner, e em 1941, pela primeira vez, foi denominado dessa forma por Courant e Robbins (1974). Segundo Courant e Robbins (1974), a origem da estrutura do modelo, deu-se pela sentença em que se submetia a encontrar um ponto no plano que obtivesse a soma mínima das distâncias de três pontos dados.

A partir da década de 60, estudos diversos a respeito do assunto foram iniciados, Cooper (1963) e Hakimi (1964) foram responsáveis pela evolução e descobertas realizadas na prática das técnicas de modelagem de localização. As primeiras aplicações consideravam a área privada, como localização de armazéns, pontos de coleta, depósitos e fábricas. Com o desenvolvimento do assunto, e a necessidade de otimização de custos em conjunto com o atendimento de qualidade, áreas do setor público demonstravam interesse em aprofundar e aplicar o assunto para atender nichos carentes da sociedade, como os setores sociais, de segurança e

defesa, educacionais e culturais.

Sendo assim, é possível encontrar estudos variados para a localização de pontos de atendimento policial, dos bombeiros, de ambulância, hospitais, casas de repouso, sítios estratégicos para localização de aeronaves destinadas a defesa nacional, e diversos serviços públicos (Bell et al, 2010; Schilling et al. (1980); Calvo e Marks (1973)).

Nesta seção serão apresentados os modelos de localização, conforme classificação definida e exposta por Daskin (1995), e a partir deles são identificados os problemas de localização:

- Modelo Planar, Rede e de Localização Discreta

No modelo planar, as instalações podem ser consideradas em qualquer parte do plano, podendo ser contrastada pelo modelo em rede, onde as instalações só podem ser localizadas em nós ou em ligações da rede. Os modelos de Localização Discreta permitem a utilização de distâncias arbitrárias entre os nós.

- Métricas de Distância

Caracteriza-se como o método de medição de distâncias, para os modelos de rede são utilizadas as distâncias mais curtas entre qualquer par de pontos utilizando ligações na rede. Geralmente, em modelos de localização de rede, costumamos utilizar a rota mais curta entre quaisquer dois pontos usando as conexões disponíveis na rede.

Em problemas de localização planar, é comum utilizar uma das três métricas de distância disponíveis. A primeira é a métrica de distância de Manhattan, que considera apenas movimentos em ângulos retos. A segunda é a métrica de distância euclidiana, que calcula a distância em linha reta entre dois pontos. Por fim, temos a terceira que é a métrica de distância que envolve os conceitos da euclidiana e Manhattan.

- Número de instalações a localizar

Neste tópico existem dois tipos de subclassificações das instalações, elas podem ser especificadas como do tipo exógeno ou endógeno. Em problemas de P-mediana, P-centro e de cobertura máxima, o número de instalações a localizar é especificado a título exógeno. Em conjunto de problemas de cobertura, e de

localização de instalação com custo fixo as instalações são endógenas ao problema e uma saída ao modelo.

- Localização Estática e Dinâmica

Nos modelos estáticos, os inputs não dependem do tempo, são utilizados um único conjunto representativo de inputs, e o problema será solucionado durante esse período representativo. Em problemas dinâmicos surgem duas preocupações, onde localizar as instalações e quando investir ou encerrar as instalações existentes. Sendo assim, tem-se, após a análise do contexto, que a maioria dos modelos de localização são estáticos, e a maioria dos problemas de localização são dinâmicos, à medida que as entradas dependem do tempo.

- Determinísticos e Probabilísticos

Outra classificação dos inputs além de estáticos e dinâmicos, são determinísticos e probabilísticos. Se diferem com relação a certeza, os determinísticos são inputs certos, que se sabe que irão acontecer, e os probabilísticos, estão sujeitos a incerteza.

- Setor Privado e Setor Público

A principal diferença entre o setor público e privado consiste que o problema do setor privado orbita principalmente sobre a monetização, e decorrente dele, são definidos os demais fatores. Já no setor público, não só são considerados os custos, mas também benefícios não monetários.

- Modelos com único ou múltiplos objetivos

A maioria dos modelos registra um único objetivo, porém grande parte dos problemas segue a natureza multiobjetivo. Os modelos únicos simplificam o problema, mas devem ser executados por mais de uma vez para alcançar o resultado esperado.

- Instalações capacitadas e não-capacitadas

Modelos de localização de instalação consideram que as instalações têm capacidade ilimitada. Existem modelos diferentes dos citados anteriormente que consideram limitações para a capacidade das instalações.

2.3

Modelos de Localização discreta

Modelos de localização discreta definem que as demandas e os pontos de coleta estão contidos em um conjunto determinado pertencente aos nós de uma rede (Daskin, 2008).

Dasci e Verter (2001) argumentam que os pontos de demanda podem ser posicionados nos nós ou em qualquer lugar ao longo das ligações entre eles, sendo que, neste caso, as demandas também devem ser tratadas como se estivessem em nós, que são chamados de artificiais por conectarem apenas duas ligações. Já as facilidades, geralmente são alocadas somente em nós.

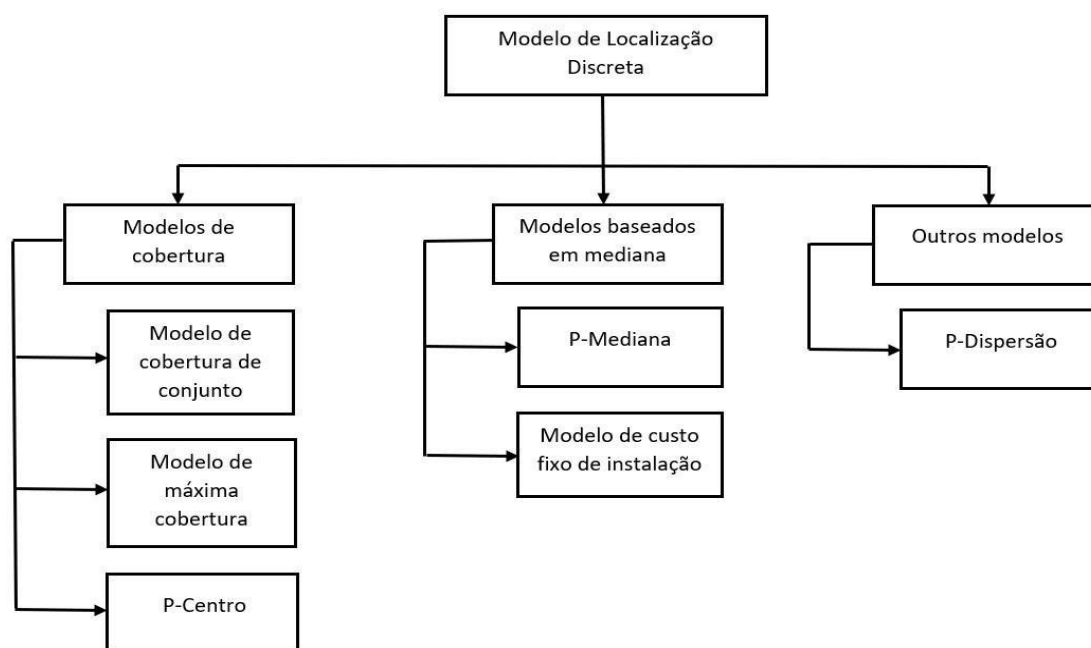


Figura 1: Classificação dos modelos discretos.
Fonte: Adaptação de Daskin (2008).

O quadro apresentado classifica cada um dos modelos de localização discreta em grupos e subgrupos, que serão apresentados no tópico seguinte.

2.3.1

Modelos de cobertura

Daskin (1995) afirma que a ideia de cobertura de conjunto é explicada pelo conceito de que os clientes são normalmente, embora nem sempre, designados para

a instalação mais próxima. Com frequência, o serviço é considerado adequado se o cliente estiver dentro de uma determinada distância da instalação e é considerado inadequado se a distância exceder um valor crítico.

É comum afirmar que os nós de demanda estão cobertos se a distância do caminho mais curto entre o nó de demanda e a instalação for menor ou igual a uma distância de cobertura. Pode-se utilizar uma única distância de cobertura para todos os nós de demanda.

- Modelo de Cobertura de Conjuntos

No problema de cobertura de conjuntos (PCC) são considerados $|I|$ pontos de demanda e $|J|$ potenciais locais para instalação de facilidades. Cada potencial *facility* é capaz de cobrir (atender) um subconjunto de pontos de demanda. Considera-se ainda um custo C_j associado à instalação de uma facilidade no local $j \in J$. A resolução do PCC visa identificar em quais dos potenciais locais as facilidades devem ser instaladas, de modo a minimizar o custo total de instalação e garantindo que cada ponto de demanda seja atendido por, pelo menos, uma das facilidades instaladas (Daskin e Dean, 2004).

Esta formulação avalia apenas um objetivo, não reconhecendo que as demandas são geradas em nós com custos diferentes, desta forma, a formulação matemática seria a seguinte, conforme Daskin (1995):

$$\text{Minimiza } \sum_j f_j X_j \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_j a_{ij} X_j \geq 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$X_j = 0,1 \quad \forall j \quad (3)$$

Entradas:

$a_{ij} = 1$ se o local candidato j pode cobrir a demanda no nó i

0 caso contrário

f_j = custo de localização de uma instalação no local candidato j

Variáveis de decisão:

$X_j = 1$ se alocarmos o local candidato j

O caso contrário

A função (1) minimiza o total de *facilities* a serem instaladas, o primeiro conjunto de restrições (2) assegura que todos os nós sejam cobertos por pelo menos uma *facility*, e a terceira restrição (3). Aplicações recentes do problema de cobertura de conjuntos estão descritas por Erdebilli e Özşahin (2022), Alizadeh e Nishi (2020) e Yang e Rajgopal (2020).

Erdebilli e Özşahin (2022) apresentam uma forma independente de lidar com as incertezas da vida prática, empregando a cobertura de conjuntos trapezoidais fuzzy para reduzir o custo de estabelecer novas instalações. As principais contribuições inovadoras deste estudo são: os modelos de localização de instalações com cobertura de conjuntos foram equipados com capacidade autônoma de lidar com incertezas, a utilização de conjuntos trapezoidais fuzzy proporcionou um ajuste ideal para gerenciar incertezas de maneira realista no modelo, e a fuzzificação relevante foi realizada sem qualquer intervenção ou supervisão humana especializada.

Uma extensão do problema de localização de cobertura é proposta por Alizadeh e Nishi (2020) introduzindo um modelo híbrido que combina os problemas de localização de cobertura de conjunto e cobertura máxima. O modelo desenvolvido é multiperíodo, levando em consideração tanto decisões de planejamento estratégico quanto tático. Uma das aplicações específicas desse modelo é a localização de centros de primeiros socorros em serviços logísticos humanitários. Essa aplicação foi explorada por meio de um estudo de caso que analisou a ameaça no Japão.

De acordo com a pesquisa realizada por Yang e Rajgopal (2020), foi abordado o problema combinado de Cobertura de Conjuntos e Caixeiro Viajante, no qual uma formulação de programação inteira mista foi desenvolvida para solucionar essa questão. Para avaliar a eficácia do modelo proposto, foi realizado um estudo de caso utilizando a cadeia de distribuição de vacinas da Organização Mundial da Saúde, com dados derivados de quatro países da África subsaariana. Os resultados numéricos obtidos forneceram uma visão clara da aplicabilidade e do desempenho do modelo proposto nesse contexto específico.

- Modelo de Máxima Cobertura

Os modelos de cobertura máxima consistem em encontrar uma quantidade pré-definida de acomodações para maximizar o número de pontos de demanda cobertos.

Karasakal et al (2004) expôs uma abordagem que pode ser aplicada a problemas de localização onde o serviço está no nível superior (ou seja, totalmente coberto) dentro de uma distância crítica mínima, decai com a distância (ou seja, parcialmente coberto) além da distância crítica mínima até a distância crítica máxima e cai para nenhum nível de serviço além desta faixa.

Tal estudo é considerado uma variação para os problemas de cobertura máxima, sendo mais razoáveis, permitindo-se coberturas parciais, sua aplicação pode ser executada em problemas de logística e direcionamento militar.

Zhou et al (2022), em seu estudo das estações de metrô de Pequim, modelou um caso de evacuação com os sinais da plataforma do metrô. A intenção do esquema de distribuição de cobertura máxima, é maximizar a área de cobertura válida dos sinais, otimizando a sua localização sob a restrição da quantidade total de sinais.

Após a escolha dos lugares propícios através do emprego do esquema de cobertura máxima, obteve-se como resultado a redução para menos de 50% no tempo de evacuação.

A distância máxima de serviço surge como uma variação na cobertura do conjunto de localização. Desta forma, este conceito ajuda no processo de decisão para as instalações públicas, tendo em vista que seus objetivos diferem de estruturas privadas, podendo ser aplicada para definir a localização de postos de ambulância, corpo de bombeiros e instalações de emergência no geral.

Daskin (1995) pontuou que um dos principais desafios enfrentados pelo modelo de cobertura de conjunto é a possibilidade de o número de instalações necessárias para atender a todas as demandas exceder a capacidade real de construção, seja por limitações orçamentárias ou outras restrições. Além disso, esse modelo trata todos os nós de demanda de maneira igualitária. Diante dessas preocupações, surge a necessidade de fixar o número de instalações a serem localizadas e maximizar o atendimento às demandas, em vez de apenas cobrir o maior número possível de nós de demanda. Essa é a proposta do modelo de localização de cobertura máxima, originalmente proposto por Church e ReVelle

(1974). Sendo o modelo demonstrado da seguinte forma:

$$\text{Maximiza } \sum_i h_i z_i \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } z_i \leq \sum_j a_{ij} X_j \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_j X_j \leq P \quad (3)$$

$$X_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$Y_i = \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5)$$

Entradas:

h_i = Demanda no nó i

P = número de instalações para localizar

Variáveis de decisão:

$z_i = 1$ se o nó for coberto

0 caso contrário

A função objetivo (1) maximiza o número de demandas atendidas. As restrições (2) afirmam que a demanda no nó i não pode ser coberto a menos que em pelo menos um dos locais de instalação que cobrem o nó i é selecionado. A restrição (3) estipula que não localizamos mais do que instalações. As restrições (4) e (5) são as restrições de integralidade na decisão variáveis. Aplicações recentes do problema de máxima cobertura estão descritas por Li et al (2022), Downs et al (2020) e Li et al (2020).

O estudo de caso de Li et al (2022) aprimora o serviço médico de emergência em Xangai, adotando uma abordagem de trade-off ao comparar dois modelos. O primeiro modelo é denominado Otimização em 2 etapas, o qual utiliza o problema de localização de máxima cobertura para identificar novas instalações, seguido por um método de programação quadrática para otimizar as capacidades. Já o segundo modelo realiza a seleção de localização e a otimização de capacidade de forma simultânea, por meio de uma abordagem gulosa de otimização.

Downs et al (2020) apresentam uma abordagem para a configuração

estratégica de locais de vigilância direcionados de doenças em uma área de estudo. A metodologia combina a utilização de índices de risco mapeados e técnicas de modelagem de otimização espacial. Como ressaltado pelo autor, o índice de risco desempenha um papel fundamental na identificação da demanda por vigilância, enquanto o problema de localização de cobertura máxima é empregado para selecionar um número pré-definido de locais candidatos de vigilância que oferecem a maior cobertura possível de risco. Para ilustrar a eficácia dessa abordagem, um estudo de caso é apresentado, no qual são selecionados os locais ideais para estabelecer pontos de vigilância sentinela, visando a detecção do vírus da encefalite equina oriental em um condado no estado da Flórida.

Um novo modelo de problema de localização de cobertura máxima é demonstrado por Li et al (2020), introduzindo dois elementos: um limite inferior para aprimorar a qualidade dos resultados e o conceito de 'equilíbrio' para reduzir as disparidades nos níveis de serviço entre diferentes locais. A aplicação do Problema de Localização de Cobertura Máxima Balanceada foi testada em um problema de compartilhamento de bicicletas em uma metrópole chinesa. Os dados obtidos demonstram a dupla conquista de melhores resultados em termos de cobertura máxima e serviço equilibrado. A abordagem revelou ser suficientemente abrangente para ser aplicada em diversos problemas relacionados à economia compartilhada.

- Modelo de P-Centro

A fim de mitigar as questões das diferenças de demandas dos nós que apresentaram falhas no modelo de cobertura de conjunto foi discutido por Daskin (1995) o problema de localização de cobertura máxima. Nesse modelo, foi associado um nível de demanda com cada nó de demanda e encontradas as localizações de um número fixo de instalações para maximizar o número de demandas cobertas. Em essência, no modelo de localização de cobertura máxima, relaxamos a exigência de que todos os nós de demanda sejam cobertos.

Uma abordagem diferente para o problema de cobertura apresentada no parágrafo anterior é proposta segundo o livro de Daskin (1995), onde, ao invés de se utilizar uma distância de cobertura previamente estabelecida e solicitar ao modelo a minimização do número de instalações necessárias para abranger todas as

demandas, busca-se minimizar a distância de cobertura, de forma que cada nó de demanda seja alcançado em uma distância determinada endogenamente por uma das instalações. Essa abordagem é conhecida como o problema do P-center ou problema minimax, pois visa minimizar a distância máxima entre uma demanda e a instalação mais próxima a ela.

Tansel et al (1983) fornece um levantamento abrangente dos primeiros estudos sobre os problemas da mediana e do centro, destacando suas contribuições significativas e fundamentais. Em um estudo recente, Tansel e Calik (2013) destacam que a maioria das aplicações dos problemas p-Centro, surge em áreas críticas de atendimento de emergência, onde a determinação da localização ideal de ambulâncias, quartéis de bombeiros e delegacias de polícia desempenha um papel vital na preservação da vida humana. Além disso, observa-se um interesse crescente na aplicação do p-center em contextos relacionados ao combate ao terrorismo, desastres naturais e desastres provocados pelo homem. Essas áreas abrangem situações que exigem uma resposta rápida e eficaz para garantir a segurança e o bem-estar da população.

Sendo assim, a formulação proposta por Daskin (1995) é a seguinte:

$$\text{Minimiza } W \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } \sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_j X_j = P \quad (3)$$

$$Y_{ij} \leq X_j \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$W \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad \forall i \quad (5)$$

$$X_j = \{0,1\} \quad \forall j \quad (6)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (7)$$

Entradas:

d_{ij} = Distância da demanda do nó i à instalação j

h_i = Demanda no nó i

P = Número de instalações a localizar

Variáveis de decisão:

$X_j = 1$ se uma instalação for localizada em j

0 caso contrário

Y_{ij} = fração da demanda no nó i que é atendida por uma instalação no nó j

W = distância máxima entre um nó de demanda e a instalação mais próxima

A função objetivo (1) minimiza a distância máxima entre um nó de demanda e a instalação mais próxima do nó. A restrição (2) determina que toda a demanda do nó i deve ser atribuída a uma instalação em algum nó j para todos os nós i . A restrição (3) estipula que as p instalações sejam localizadas. A restrição (4) afirmam que as demandas do nó i não podem ser atribuídas a uma instalação no nó j , a menos que uma instalação esteja localizada no nó j .

A restrição (5) determina que a distância máxima entre um nó de demanda e a instalação mais próxima ao nó W deve ser maior que a distância entre qualquer demanda nó i e a instalação à qual está atribuído. As restrições (6) e (7) são as restrições de integralidade e não negatividade, respectivamente. Lin e Lin (2018) e Albareda-Sambola et al (2019), apresentam aplicações recentes do problema do p -Centro.

O problema de localização do p -Centro estudado por Lin e Lin (2018) apresentou um modelo para instalações de reabastecimento de fluxo, buscando identificar as instalações de reabastecimento p de forma a minimizar o desvio percentual máximo de todos os motoristas. Os resultados obtidos revelam a existência de múltiplas soluções ótimas, as quais estão relacionadas a diferentes distâncias totais de viagem.

Albareda-Sambola et al (2019) consideraram em seu estudo que a demanda é concentrada em um conjunto de sites e a população desses sites é dividida em diferentes estratos dependendo do tipo de serviço que eles demandam. O objetivo é localizar p centros para cobrir os diferentes tipos de serviços demandados, minimizando a média ponderada das maiores distâncias associadas a cada um dos diferentes estratos. Como resultado o melhor desempenho foi obtido usando uma formulação baseada em variáveis de cobertura.

2.3.2

Modelos Baseados em Mediana

- P- Mediana

Um estudo realizado por John E. Bell et al (2010), foi motivado pela percepção da limitação de pontos de alerta de defesa nacional após o ataque sofrido pelos EUA em 11 de setembro. As aeronaves tipo caça enviadas para interceptar os aviões domésticos sequestrados não foram posicionadas a tempo, ilustrando que o sistema de alerta estava fora de sintonia. Após o evento mencionado anteriormente, a defesa norte americana implantou patrulhamento 24 horas por dia, além da disponibilização de mais aeronaves, fato que desencadeou em um aumento no gasto com a defesa nacional.

Diante do fato, um levantamento de dados foi realizado por John E. Bell et al (2010) com o objetivo de proteger todas as áreas de interesse (loais de demanda) com pelo menos um local de alerta (local de serviço) dentro de um tempo mínimo de resposta da aeronave. Para tanto, em uma das etapas da metodologia da pesquisa foi empregado o problema da p-Mediana, com o intuito de maximizar a capacidade de proteção, minimizando a distância geral ou média por local de rede.

Segundo Daskin (2008), o problema da p-Mediana é encontrar a localização das instalações p em uma rede para que o custo total seja minimizado. A função objetivo minimiza a distância total ponderada pela demanda de cada nó da demanda e instalação mais próxima. A restrição exige que cada nó da demanda i seja atribuído a exatamente uma instalação j. Conforme notação a seguir:

Entradas

h_i = demanda no nó i

d_{ij} = distância entre o nó de demanda i e o local candidato j

p = número de instalações a localizar

Variáveis de decisão

$X_j = \begin{cases} 1 & \text{se uma instalação for localizada em j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a demanda do nó i for atendida por uma instalação localizada em j} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

Com esta notação, o problema da p-Mediana pode ser formulado da

seguinte forma:

$$\text{Minimiza} \quad \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$\sum_j X_j = p \quad (4)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (5)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (6)$$

A função objetivo (1) minimiza a demanda ponderada distância total. A restrição (2) estipulam que cada nó é atribuído, enquanto a restrição (3) limitam as atribuições para abrir ou selecionar os locais. A restrição (4) estabelece que P instalações devem ser localizadas. Finalmente, as restrições (5) e (6) são restrições de integralidade. Aplicações recentes do problema da p -Mediana são demonstradas por Karatas e Yakici (2019), Sun et al (2020) e Tadić et al (2023).

Problemas de localização em sistemas de atendimento de emergência visam minimizar o tempo médio de resposta, porém, Karatas e Yakici (2019) notaram em seu estudo que a atribuição de serviços de backup é necessária para garantir o atendimento das demandas, tendo em vista que na prática uma demanda pode não ser atendida a partir de sua instalação mais próxima se essa instalação estiver envolvida no atendimento de outras demandas. Foram investigados os efeitos do nível de serviço de backup, política de atribuição de demanda, densidade de demanda e número de instalações e suas localizações no desempenho da solução em termos de múltiplas métricas. Os resultados fornecem informações para os tomadores de decisão durante o planejamento das operações de emergência.

O artigo produzido por Sun et al (2020) estudou como resolver o problema de localização de impressoras em um prédio da Universidade da Noruega. Na primeira fase, o problema de localização p -mediana é empregado para selecionar as localizações ótimas de impressoras a partir de um número de pontos candidatos pré-determinados, de modo que a distância total percorrida por funcionários e alunos

possa ser minimizada. Na segunda fase, os resultados são validados e visualizados com a ajuda do pacote de simulação AnyLogic.

No estudo de Tadić et al (2023), 50 locais de coleta e entrega (PCE) foram selecionados para atender mais de 950 zonas. As distâncias entre os usuários e os PCE mais próximos foram calculadas, e a soma dessas distâncias foi multiplicada pelo número de requisições. Um exemplo de modificação do número de PCE é apresentado para atender às preferências dos operadores e usuários. Concluiu-se que os domicílios dos usuários podem ser usados como PCE, resolvendo o problema de p-mediana com algoritmos heurísticos e metaheurísticos. As contribuições da pesquisa incluem o uso de domicílios como PCE, análise do impacto do número de PCE nas distâncias médias dos clientes e uma base para atualização do modelo para implementação empresarial.

- Modelo de Custo Fixo de Instalação

Segundo Daskin (2008) o modelo de localização de carga fixa é um problema primo próximo do problema da p-mediana, e considera as diferenças nos custos de localização das instalações em locais diferentes.

Daskin (1995) pontuou que na otimização de uma função objetivo com uma restrição de localização de um número fixo de instalações, há uma implícita separação dos custos operacionais ou benefícios capturados pela função objetivo dos custos de construção, onde o número de instalações é considerado como um indicador. Essa separação é frequentemente importante e necessária em problemas do setor público, nos quais diferentes agências ou atores são responsáveis pelos custos e recebem os benefícios, ou quando os benefícios e custos são incomensuráveis. No setor privado, essas questões são menos acentuadas.

Ainda conforme Daskin (1995) a formulação matemática para o modelo de carga fixa é descrito da seguinte forma:

$$\text{Minimiza} \quad \sum_i f_j X_j + \alpha \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (4)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (5)$$

F_j = custo fixo da localidade no lugar candidato j

h_i = demanda no nó i

d_{ij} = distância entre o nó de demanda j e o local candidato i

α = custo por unidade de distância por unidade de demanda

Variáveis de decisão

$X_j = \begin{cases} 1 & \text{se uma instalação for localizada em } i \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

$Y_{ij} =$ Fração da demanda no nó i que é atendido pela instalação no nó j

A função objetivo (1) minimiza o custo total que é a soma de os custos fixos das instalações e a distância total ponderada pela demanda multiplicados por o custo por unidade de distância por unidade de demanda. A restrição (2) estipula que cada nó de demanda será atendido. A restrição (3) diz que as demandas no nó i não podem ser atribuídas a uma instalação no local candidato j , a menos que localizemos uma instalação no nó j . As restrições (4) e (5) são a integralidade e não negatividade, respectivamente. Aplicações recentes do problema de localização com custo fixa foram demonstradas por Zetina et al (2019), Sachan e Kushwaha (2021) e Yang e Luo (2023).

Para resolver o problema de projeto de instalação com custo fixo não capacitada de rede de carga fixa não capacitada são apresentados por Zetina et al (2019) dois algoritmos exatos. O estudo aborda o problema de roteamento de mercadorias em um grafo direcionado, buscando instalar um subconjunto de arcos para direcionar todas as mercadorias de suas origens para seus destinos com o menor custo possível. Os resultados da implementação mostram que o método utilizado é promissor.

O estudo de Sachan e Kushwaha (2021) lida com a identificação de hubs e alocação de spokes para hubs a fim de rotear o fluxo de mercadorias entre locais de origem-destino e reduzir o custo total do transporte de mercadorias. Foi utilizado um problema numérico com 10 localidades para estudo empírico e o resultado experimental mostra que a metodologia empregada supera outras propostas líderes em termos de custo total e valor de gap.

No problema de localização de instalações não capacitadas proposto por Yang e Luo (2023) são utilizados produtos k com penalidades, clientes em pontos

de demanda e locais potenciais para instalações. Cada instalação pode fornecer um tipo de produto com custo fixo. Os clientes podem ser atendidos por várias instalações ou rejeitados, com custos de serviço e penalidades. O objetivo é alcançado minimizando o custo total de instalação, atendimento e penalidades, selecionando clientes e abrindo instalações de forma adequada.

2.3.3

Outros Modelos

- p-dispersão

Diferente dos modelos apresentados anteriormente, que demonstravam dotações matemáticas para localizar instalações mais próximas, e esta condição era ótima, no modelo de dispersão, são identificados os pontos considerados “indesejáveis” e o objetivo é manter essas instalações distantes uma das outras, por motivos estratégicos.

Os pontos indesejáveis podem ser do tipo nocivo, quando apresentam risco à saúde de uma população, ou podem ser desagradáveis, por desencadear ameaças à rotina e modo de vida daqueles que estão localizados próximo à suas instalações. “Como o próprio nome sugere, o modelo de p-dispersão preocupa-se com a dispersão de p instalações por um serviço, de modo que não haja duas instalações muito próximas uma da outra.” (DASKIN, 2011). Estudos recentes elaborados por Lozano-Osorio et al (2022), Sayah e Irnich (2017) e Zhong et al demonstram a aplicação dos problemas de p-dispersão.

Lozano-Osorio et al (2022) abordam o problema de dispersão generalizada, que combina o modelo de diversidade Max-Min com restrições de capacidade e custo. Esse problema encontra aplicação em diversas áreas, como o planejamento de localização de estabelecimentos, onde é desejável evitar a proximidade entre eles. Exemplos incluem franquias de lojas, hospitais e escolas, onde se busca prestar serviços próximos aos clientes ou pacientes, sem que as unidades fiquem próximas umas das outras. As restrições de capacidade refletem a quantidade de clientes ou pacientes que cada unidade pode atender, e as restrições de custo surgem naturalmente na modelagem de situações reais.

Sayah e Irnich (2017) propõem uma nova formulação compacta para o

problema da p-Dispersão, discutindo duas melhorias simples da nova formulação: Limites simples na distância ótima podem ser explorados para reduzir o tamanho e aumentar a rigidez do modelo a um custo relativamente baixo de tempo de computação adicional. Os resultados numéricos indicam que a nova formulação em combinação com os limites simples é resolvida com otimalidade por um solucionador de programação inteira mista pronto para uso, enquanto isso não é possível com o modelo padrão nem com os procedimentos de busca.

O artigo desenvolvido por Zhong et al (2019) propõe um novo modelo de localização ideal para localizar unidades habitacionais acessíveis para maximizar a acessibilidade de trabalhadores de baixa renda a empregos adequados por transporte público. Habitação acessível permite que populações desfavorecidas reduzam sua dependência de automóveis, o que pode levar a uma economia nos gastos relacionados ao transporte. O modelo de localização da habitação desenvolvido pelo estudo maximiza a acessibilidade de trânsito, reduzindo o agrupamento de habitação acessível. A acessibilidade é maximizada usando uma métrica espaço-tempo de alta resolução de público de trânsito, originalmente desenvolvido para análise de equidade de serviço. O segundo objetivo dispersa projetos habitacionais subsidiados pelo espaço usando um novo modelo de dispersão minimax com base em princípios de interação espacial.

2.4

Logística Reversa do e-commerce

Para Guerreiro (2006), o comércio eletrônico é uma revolução comercial, juntamente com a inovação tecnológica, permitindo que as empresas sejam mais flexíveis e eficientes em suas operações. A ausência das barreiras regionais tornou o mercado de vendas online altamente competitivo e lucrativo para as empresas que desenvolvem modelos de gestão eficientes e satisfatórios para a experiência dos *digital buyers* (compradores digitais).

Segundo o site *e-commerce* Brasil, em 1979, o sistema que permitia o primeiro processamento online entre consumidores e empresas, era criado por Michael Aldrich, mas só iria se popularizar a partir de 1990, devido a extensão do acesso à internet pela população.

“O *e-commerce* subtrai operações existentes em uma transação comercial tradicional e tem como grande benefício a rápida circulação de dinheiro, uma vez que há recusa de moeda nas transações e não existe limite geográfico que não possa ser rompido.” (FERNANDES et al., 2011).

Conforme estudo de Fleury (2000), a evolução da tecnologia impulsionou o surgimento da logística do *e-commerce*, com características específicas, este novo processo afastou-se da logística tradicional, demonstrando para o mercado que suas diferenças deveriam ser levadas em consideração para que as transações pudessem ser reestruturadas.

A disponibilidade do *e-commerce* se mostra como um grande diferencial quando comparado com o comércio tradicional, atendendo 24 horas em todos os dias da semana gera comodidade e fácil acesso aos clientes, segundo NEOTRUST (2022). Outra característica acachapante é o fato de não exigir estrutura física para o seu funcionamento, levando maior rentabilidade ao negócio.

A tabela a seguir elenca as principais diferenças entre a Logística Tradicional e a Logística do *e-commerce*, de acordo com Fleury (2000), descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Principais diferenças entre a logística tradicional e a logística do *e-commerce*.

	LOGÍSTICA TRADICIONAL	LOGÍSTICA DO E-COMMERCE
Tipo de carregamento	Paletizado	Pequenos pacotes
Clientes	Conhecido	Desconhecidos
Estilo de demanda	Empurrada	Puxada
Fluxo do estoque/pedido	Unidirecional	Bidirecional
Tamanho médio do pedido	Mais de \$ 1000	Menos de \$ 100
Destinos dos pedidos	Concentrados	Altamente dispersos
Responsabilidade	Um único elo	Toda cadeia de suprimento
Demanda	Estável e consistente	Incerta e fragmentada

Embasando a demonstração no quadro apresentado, Leite (2006) discorre também sobre as características de cada logística:

As preocupações da logística de distribuição no *e-commerce* são diferentes, pois o produto logístico ‘tradicional’ apresenta embalagens unitizadas e paletizadas, os clientes são relativamente conhecidos e a demanda é relativamente previsível. No entanto, no caso do *e-commerce*, os produtos a serem entregues são de pequeno porte, em embalagens individuais, normalmente os clientes são desconhecidos e a demanda a ser satisfeita é solicitada pelo pedido, mostrando-se, portanto, instável e imprevisível, entre outras diferenças importantes.

Os dados estudados pelo site *e-commerce* Brasil (2022), que consiste em um conglomerado que une as maiores lojas Marketplace do Brasil, registraram um aumento de 53% das vendas no *e-commerce* no primeiro semestre de 2022, comparado com o mesmo período no ano de 2021.

A Figura 2, demonstra o crescimento do *e-commerce* no mundo, através de uma comparação do ano de 2020 e a projeção para o ano de 2025.

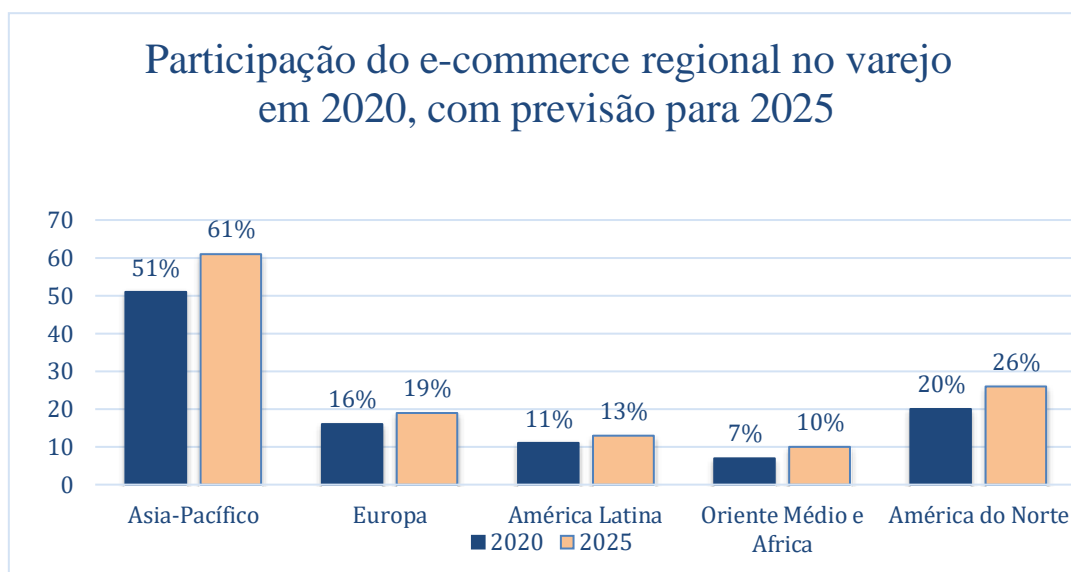


Figura 2: Crescimento do *e-commerce* no mundo.

Fonte: Adaptado de statista - Regional *e-commerce* share of retail in 2020, with a forecast for 2025.

Segundo Leite (2003), a logística reversa é a área da logística empresarial que busca equacionar os aspectos logísticos do retorno dos bens ao ciclo produtivo ou de negócios por intermédio da multiplicidade de canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valor econômico, ecológico e legal.

Segundo Sangwan (2017), o fluxo reverso consiste em três principais atividades: coleta, inspeção e classificação, e recuperação de produtos.

Os principais tipos de logística reversa que atuam hoje no Brasil são: pós-consumo, reuso e pós-venda. O pós-consumo é o retorno de produtos reutilizáveis e descartáveis para que o fabricante possa empregá-lo de alguma forma na cadeia de produção. O reuso é a modalidade que as empresas usam para rentabilizar os materiais que não possuem aplicação prática de reutilização, evitando a incorreção

no descarte.

O pós-venda é o tipo de logística reversa a ser estudado por este trabalho, e ocorre quando o produto adquirido pelo consumidor precisou ser devolvido por apresentar avaria na mercadoria de entrega por defeito, ou por tamanho incorreto, ou por qualquer outro motivo que não tenha atendido às expectativas.

“A coleta representa as atividades que promovem a disponibilidade de produtos usados e as transferem fisicamente para algum ponto, onde ocorrerá a recuperação efetiva do produto.” (KANNAM et al, 2008).

2.5

Caracterização da Operação

O Decreto nº 11.237 (Brasil, 2022) aprova a estrutura Organizacional do Comando da Aeronáutica, estabelecendo organograma para a estrutura da Secretaria de Economia e Finanças (SEFA), conforme Figura 3.

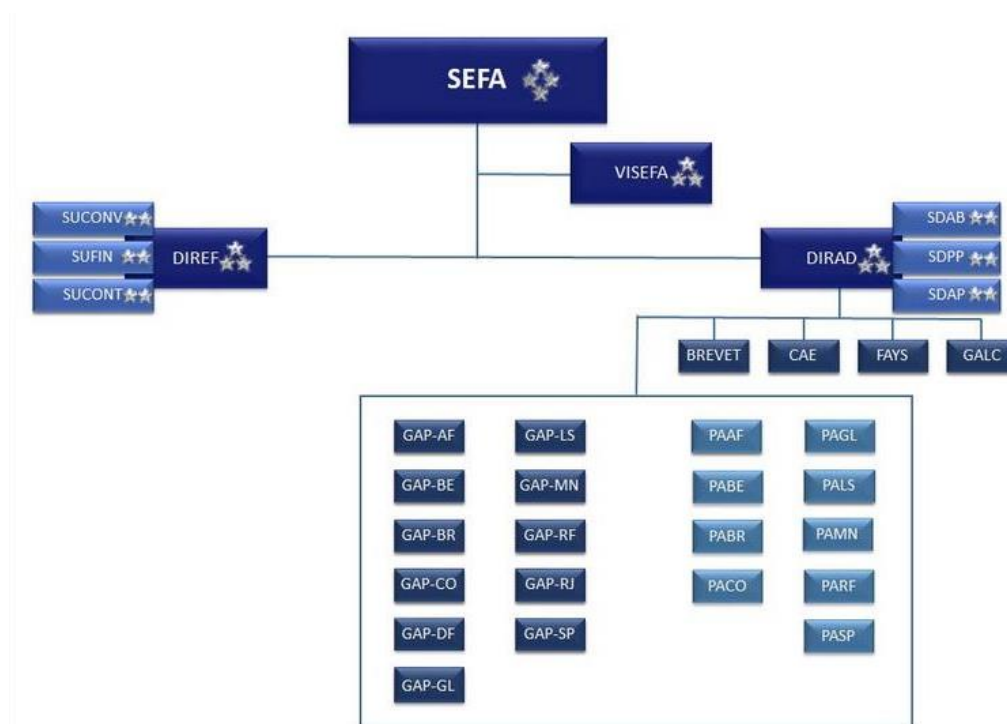


Figura 3: Organograma da SEFA.

Fonte: www.fab.mil.br.

A Diretoria de Administração da Aeronáutica (DIRAD), subordinada à SEFA, tem a função de superintender as atividades relacionadas às seguintes áreas, conforme Decreto nº 11.237 (Brasil, 2022):

- a) de gestão de apoio administrativo;
- b) de gestão de moradia funcional dos próprios nacionais residenciais;
- c) de provisões e material de intendência;
- d) de pagamento de pessoal; e
- e) de subsistência.

A Subdiretoria de Abastecimento (SDAB) está contemplada na estrutura de apoio da DIRAD. A SDAB é responsável pelo gerenciamento das atividades relacionadas à subsistência e de provisões e material de intendência.

2.5.1

Subdiretoria de Abastecimento

A SDAB é uma Organização militar que compõe o organograma da Força Aérea Brasileira, é subordinada à Diretoria de Administração da Aeronáutica e responsável pela consolidação de todas as atividades relacionadas ao planejamento até a distribuição do fardamento aos usuários finais do sistema.

A estrutura desta unidade é composta pela Divisão de Provisão e Fardamento Reembolsável (AB1), Divisão de Padronização (AB2), Divisão de Distribuição (AB3) e pela Divisão de Subsistência (AB4). Sendo relacionada abaixo:

- Divisão de Provisão e Fardamento Reembolsável: Responsável pelo planejamento e gerenciamento do fardamento gratuito e pago da FAB.
- Divisão de Padronização: Responsável pela padronização e análise de todo o uniforme da Aeronáutica;
- Divisão de Distribuição: Responsável pelo gerenciamento do estoque e distribuição do fardamento para as unidades apoiadas;
- Divisão de Subsistência: responsável pelo gerenciamento e apoio aos ranchos, localizados nas unidades apoiadas.

A AB1, AB2 e AB3 compõem, portanto, a cadeia logística de fardamento e material de intendência dentro da Força Aérea Brasileira e serão motivo de estudo e detalhamento nos próximos tópicos.

a) Divisão de Provisão e Fardamento Reembolsável

Para a estruturação da divisão de Provisão e Fardamento Reembolsável foram criados dois sistemas: o SISPROV e o SIFARE. O SISPROV é responsável pela distribuição gratuita do fardamento, roupa de cama, roupa branca e material de intendência e o SIFARE, que é responsável pela distribuição do fardamento a ser disponibilizado nos Postos de Venda de Fardamento Reembolsável (PRVF) para posterior compra pelos militares do efetivo (exceto soldados, cabos e taifeiros).

- Sistema de Provisões

Segundo a NSCA 168-1 (Brasil, 2019), as atividades do SISPROV estão relacionadas com o planejamento das necessidades, a aquisição, o armazenamento, a distribuição e a administração do material das classes.

A determinação das necessidades de fardamentos para compor os Mapas de Previsão será sugerida pelo SILOMS com base nos efetivos cadastrados e nas tabelas da TCA 168-1 (Brasil, 2021), e submetidas às OM Apoiadoras para análise. Posteriormente, deverá ser restituída à SDAB para validação e fechamento dos mapas.

O provimento gratuito de material no âmbito da FAB é responsabilidade do SISPROV e regulamentado conforme a TCA 168-1 (Brasil, 2021) que expõe a tabela de distribuição gratuita de fardamento, roupa branca e roupa de cama. Em complemento, a TCA 168-2 (Brasil, 2020) trata da tabela de distribuição gratuita de materiais de intendência.

As tabelas mencionadas anteriormente visam subsidiar instrumentos para a aquisição, otimizando a distribuição dos materiais. O conteúdo delas abrange os grupos de itens que devem ser obtidos, bem como sua quantidade para cada aplicação, e quando for o caso, o grupo hierárquico que deve recebê-los.

Para o gerenciamento das atividades, o SISPROV utiliza o SILOMS em sua interface de aquisição e contratos, suprimento e gestão de materiais.

- Sistema de Fardamento Reembolsável

A SDAB funciona como órgão operativo do sistema, a quem compete as seguintes atribuições, conforme descrito na NSCA 168-2 (Brasil, 2021):

- a) promover a supervisão e a orientação técnica dos elos executivos do SIFARE, além do planejamento, coordenação e controle da atividade sistêmica;
- b) executar as atividades de planejamento de material de intendência, necessárias ao funcionamento do SIFARE;
- c) exercer as atividades relativas à previsão, provisão e manutenção dos recursos materiais necessários ao SIFARE;
- d) determinar as necessidades, o suprimento e o controle de materiais do SIFARE, necessário às OM e ao pessoal do COMAER; e
- e) promover a supervisão, a orientação técnica e o controle dos pontos de comercialização de produtos diversos reembolsáveis.

O SIFARE é uma seção que compõe a AB1, que pertence à estrutura da SDAB e tem a função de realizar o planejamento e controle das aquisições, coordenação da movimentação de material entre as OM. Tal sistema também atua na divulgação da tabela de preços atualizada, fiscalização e controle financeiro e do nível de estoque dos PRVF.

A sede desse sistema está localizada no estado de São Paulo e o controle de estoque é realizado por meio do Sistema Informatizado de Gestão de nome Sistema Integrado de Abastecimento (SIA). O SIA interage com o transelevador, atuando na separação para distribuição e alocação no estoque dos itens de fardamento.

A separação do fardamento é realizada pela SDAB e distribuído aos 28 PRVF, localizados em todo território nacional e apresentando em sua estrutura os seguintes setores: Chefia; Controle e Estoques; e Exposição e Vendas. A NSCA 168-2 (Brasil, 2021) preconiza que a comercialização dos itens obedecerá aos seguintes critérios:

- a) a comercialização de peças de fardamento é restrita às OM e aos militares da ativa da Aeronáutica, devidamente identificados pela carteira de identidade, expedida pelo COMAER;
- b) para os militares na inatividade, a venda de peças de fardamento deve ser restrita aos itens do SIFARE constantes do Anexo C. Poderão adquirir outras peças nos casos em que, por decisão do Comandante da Aeronáutica, estejam autorizados a fazer uso dos uniformes;
- c) não poderá ser realizada venda para cabos, soldados e taifeiros, salvo nos casos em que o cabo ou o taifeiro comprovar sua promoção à graduação de sargento ou, enquanto na função de assessor de oficiais gerais, quando estiver adquirindo peças para uso daquele oficial, conforme Art. 92 e 93 da RCA 35-2/2016 - Regulamento de Uniformes para os Militares da Aeronáutica (RUMAER),
- d) a comercialização de itens aos alfaiates e às empresas privadas fica condicionada à existência de cadastros dos mesmos nos PRVF, dentro das quantidades autorizadas.

b) Divisão de Padronização

A Divisão de Padronização possui um papel importante na rede de *supply chain* da Aeronáutica, pois desempenha a função de analisar, verificar e padronizar todos os itens contidos nas tabelas de distribuição, garantindo conforto e qualidade das aquisições. A equipe desta divisão confecciona todas as especificações dos uniformes da Aeronáutica, os documentos que compõem as dimensões, cores, tecido, e os demais parâmetros que proporcionam a padronização das peças.

O laboratório da AB2, com sua estrutura tecnológica, realiza ensaios nos materiais recebidos podendo atestar se o mesmo atende às exigências normativas do sistema e se cumpre todos os requisitos contidos nas especificações.

- Regulamento de Uniformes

O Regulamento de Uniformes para os Militares da Aeronáutica (RUMAER) tem por finalidade estabelecer os uniformes e regulamentar sua classificação, discriminação, composição e utilização. Todos os uniformes de uso obrigatório pelos militares, constam no RUMAER e devem seguir as suas recomendações e requisitos, sendo vedado ao militar o uso de uniformes incompletos ou que não estejam listados no regulamento.

O fardamento que compõe o RUMAER é baseado em requisitos que atendem à funcionalidade, representatividade, economicidade, natureza das tarefas, empregabilidade e que respeitem a peculiaridade do clima de cada região do país.

A AB2 possui uma equipe de engenheiros e desenhistas responsáveis pela elaboração das especificações dos uniformes que farão parte do RUMAER para fins de detalhamento e exposição visual.

c) Divisão de Distribuição

A AB3 é responsável pelo gerenciamento do estoque de distribuição do SISPROV. Através do SILOMS, nas interfaces contábil e suprimento, esta divisão administra o recebimento dos materiais oriundos dos processos licitatórios, que após análise laboratorial, são recebidos e inseridos no estoque.

Tendo em vista o volume de material gratuito que precisa ser

estocado (superando a quantidade de estoque de fardamento reembolsável) para atender as diversas OM apoiadas, a AB3 foi designada para gerenciar somente os materiais oriundos do SISPROV.

d) Divisão de Subsistência

A Divisão de Subsistência é composta pelo Sistema de Subsistência do Comando da Aeronáutica (SISUB) e tem a finalidade de planejar, organizar, disciplinar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de Subsistência no âmbito do COMAER. A AB4 assegura o provimento de alimentação à tropa de forma uniforme, eficaz e eficiente, conforme prevê a NSCA 145-1 (Brasil, 2020).

Composto por 60 ranchos localizados em todo o território nacional, o SISUB é gerenciado de forma descentralizada, ficando sob responsabilidade da SDAB a padronização dos procedimentos e sua orientação, controle dos créditos a serem descentralizados para as unidades e realizar diligências sob forma de visitas e fiscalizações, assegurando que as normas estejam em cumprimento.

As unidades apoiadoras ou Elos executivos, são as sedes dos ranchos e responsáveis pelo controle dos recursos creditícios recebidos por meio da Relação analítica de Rancho, bem como, por zelar pelo fiel cumprimento das normas estabelecidas pelo Órgão de Coordenação.

2.5.2

Etapas da Cadeia Logística de Distribuição da Aeronáutica

A rede de *supply chain* da Aeronáutica possui suas peculiaridades, tendo em vista a característica de aquisição, os locais de distribuição e a especificidade do material a ser distribuído.

1º Etapa – Caracterizada pela obtenção do material através de processos licitatórios específicos da administração pública e regidos principalmente pela Lei de licitação e contratos nº 8.666 (Brasil, 1993) e pela Lei do pregão nº 10.520 (Brasil, 2002). Após a homologação dos itens, a SDAB confecciona o empenho e, se for o caso, formaliza o contrato. A empresa realiza a entrega conforme cronograma previsto, sendo realizado o recebimento provisório, onde amostras do material são enviadas ao Laboratório da AB2 realizar a análise. Se o produto estiver

de acordo com as especificações técnicas, é recebido definitivamente e, dependendo de qual sistema pertence, é enviado para armazenamento no estoque da AB3 (no caso do SISPROV), ou enviado para inserção no estoque gerido pelo transelevador, (no caso do SIFARE).

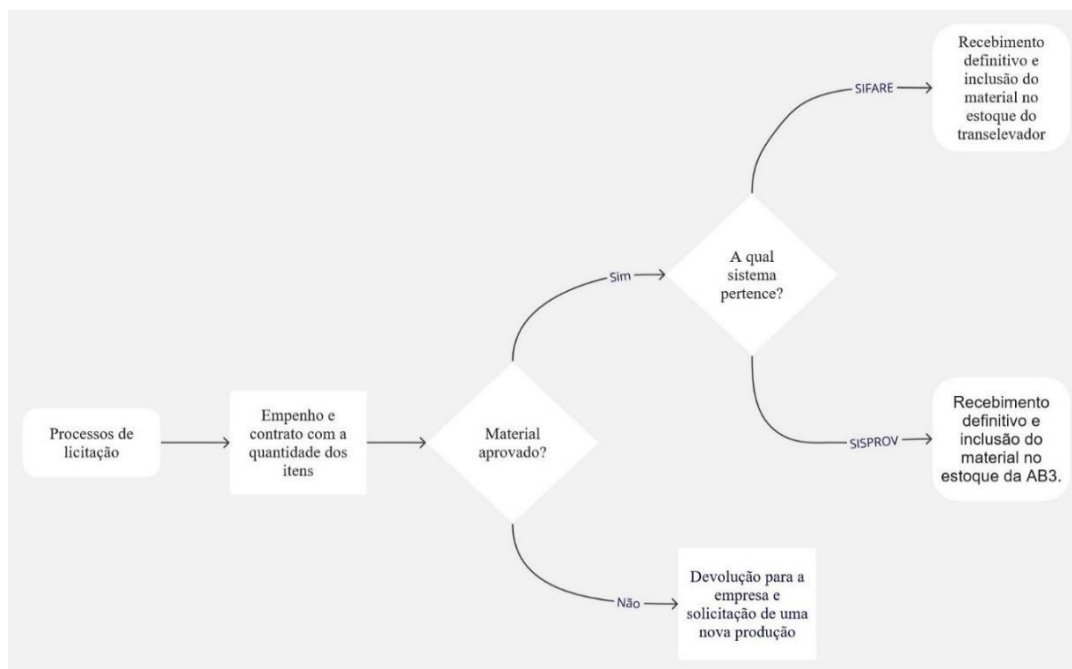


Figura 4: Fluxograma 1º Etapa.

2º Etapa – O SISPROV realiza o planejamento da distribuição anual através do mapa preenchido pelas unidades apoiadoras no SILOMS, sendo assim, a AB3 realiza a separação do material e o roteiro de OM que deverão ser atendidas seguindo o calendário de atendimento. Após do recebimento desse material, os almoxarifados distribuem aos militares previstos. O SIFARE acompanha as necessidades através do SIA, planejando portanto, suas missões de abastecimento. Quando o fardamento é recepcionado pelos PRVF, é inserido no estoque do mesmo e disponibilizado para compra pelos militares previstos.

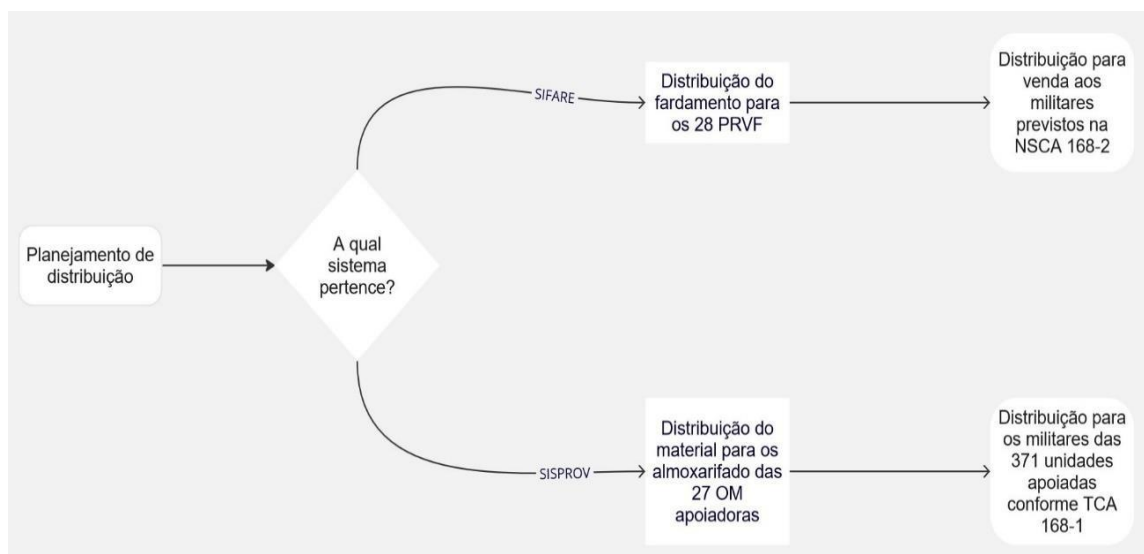


Figura 5: Fluxograma 2º Etapa.

No caso da venda nos PRVF, existe a possibilidade de troca do material conforme regras previstas no código de defesa do consumidor.

Metodologia de Pesquisa

Segundo Malhotra (2001), a pesquisa exploratória é usada em casos nos quais é necessário definir o problema com maior precisão. O seu objetivo é prover critérios e compreensão e possui as seguintes características: informações definidas ao acaso e processo de pesquisa flexível e não-estruturado. A amostra é pequena e não-representativa e a análise dos dados é qualitativa. As constatações são experimentais e o resultado, geralmente, é seguido por outras pesquisas exploratórias ou conclusivas.

Fonseca (2002), define a pesquisa quantitativa:

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis etc.

A ciência aplicada é uma definição encontrada para a pesquisa operacional, visando aprimorar o desempenho das corporações, através da aplicação de modelos matemáticos. Lachtermacer (2004), diz que a PO utilizada para ajudar nos processos de decisão, como por exemplo:

- Problemas de Otimização de Recursos;
- Problemas de Localização;
- Problemas de Roteirização;
- Problemas de Carteiras de Investimento;
- Problemas de Alocação de Pessoas;
- Problemas de Previsão e Planejamento.

“O objetivo é dar suporte à definição de políticas e determinação de ações de forma científica” (ARENALES ET. AL., 2015). “O componente científico está relacionado a ideias e processos para articular e modelar problemas de decisão, determinando os objetivos do tomador de decisão e as restrições sob as quais se deve operar. Também está relacionado a métodos matemáticos para otimizar

sistemas numéricos que resultam quando se usam dados nos modelos.”
(ARENALES et al, 2015).

Andrade (2015) afirma que um estudo de PO consiste na construção de um modelo para um sistema real que sirva de análise e compreensão do comportamento deste, com o objetivo de levá-lo a apresentar o desempenho desejado.

Com o intuito de definir e organizar as etapas deste estudo, foram seguidas algumas fases com algumas adaptações baseadas em estudos científicos e metodológicos, conforme a sequência da Figura 6.

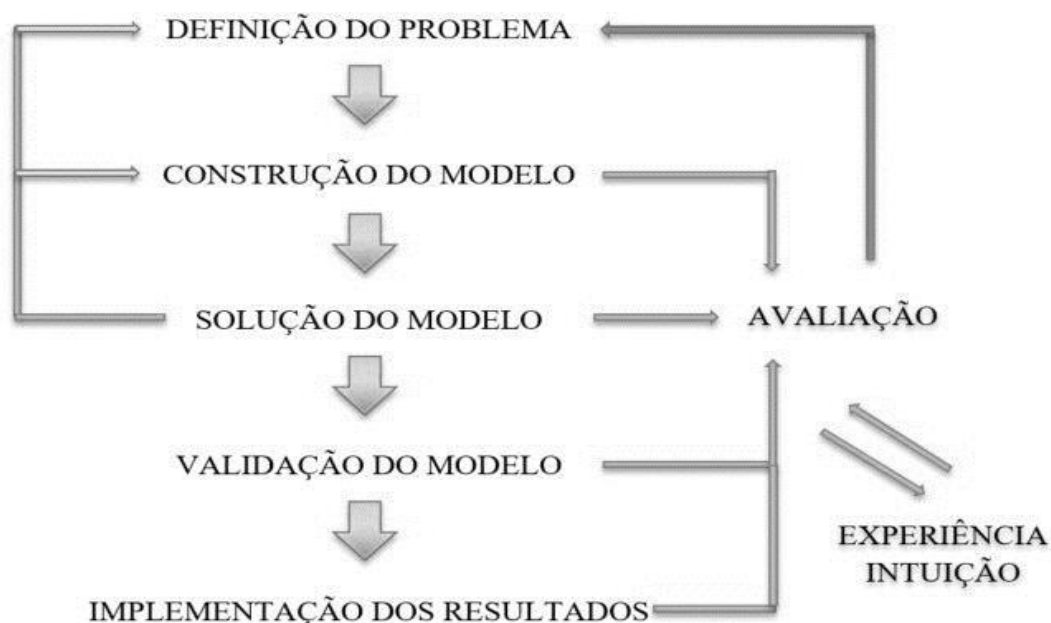


Figura 6: Fases de um estudo de Pesquisa Operacional.
Fonte: Adaptado de Andrade, (2015).

- Definição do problema

Se define através da introdução do caso a ser estudado, são descritos os dados e as metas que servirão de base para as fases posteriores e a formulação do modelo.

- Construção do modelo

A definição dos objetivos embasará a construção do modelo constituindo o elo entre o sistema a ser estabelecido e a problemática fixada.

- Solução do modelo

Nesta fase, a meta é encontrar uma solução para o modelo, associando-se a

solução ótima para o modelo matemático e a para o sistema que deverá ser implantado. O melhor valor para a função objetivo é apresentado.

- Validação do modelo

A validação ajuda no entendimento do negócio, analisando conceitos e definindo se são adequados para o sistema estudado.

- Implementação dos Resultados

Consiste na implementação da solução na prática através da operacionalização do modelo, e em alguns casos é demonstrada a necessidade de ajuste ao sistema estudado.

Tendo em vista o contexto atual do presente estudo, o mesmo pode ser classificado como um estudo de caso, conforme ressaltado por Yin (2005), o autor argumenta que o estudo de caso constitui uma pesquisa empírica que viabiliza a análise de um fenômeno contemporâneo no âmbito de sua situação do mundo real, sobretudo quando os delineamentos entre o fenômeno e seu contexto carecem de clareza.

Gil (2009) enumera diversos propósitos dos estudos de caso, incluindo:

- 1) Investigar situações da vida real que carecem de definições claras de seus limites;
- 2) Manter a integridade e singularidade do objeto de estudo;
- 3) Fornecer uma descrição abrangente do contexto em que uma investigação específica está ocorrendo;
- 4) Formular hipóteses ou desenvolver teorias;
- 5) Explicar as variáveis causais de fenômenos em situações complexas nas quais levantamentos e experimentos não são adequados.

Após a revisão detalhada da literatura em conjunto com a adaptação da operação estudada, segue-se a apresentação e detalhamento das etapas seguidas para a realização da pesquisa, que é do tipo quantitativa, de natureza aplicada, com objetivo exploratório.

3.1

Definição do Problema

O fardamento militar é um item essencial para os militares, garantindo sua

segurança, conforto e padronização visual. O modelo de fornecimento empregado pela FAB visa oferecer aos militares a possibilidade de adquirir o fardamento pela compra através de um PRVF.

A falta de padronização pode comprometer a identidade institucional e a coesão entre os membros da Aeronáutica, devendo ser garantida a uniformidade visual dos fardamentos adquiridos. A seguir serão exploradas e discutidas algumas peculiaridades do SIFARE.

3.1.1

Fornecimento do Fardamento

O ressuprimento periódico dos materiais nos PRVF é realizado através de parametrização elaborada pelo Sistema de Reembolsável (SIA), sendo efetuado rotineiramente pela Divisão de Provisões e Reembolsáveis da SDAB. “Os gestores responsáveis pelo monitoramento do sistema somente efetuarão os pedidos de material em situações inesperadas, sendo elas: atendimento a novos militares, realização de cursos de formação e alteração de uniformes regulares do dia a dia.” (NSCA 168-2, 2021).

O controle do nível de estoque dos PRVF é realizado conforme NSCA 168-2 (Brasil, 2021), da seguinte forma:

- a) a análise dos níveis de estoque de cada item de fardamento do relatório INVENTÁRIO DE MATERIAIS, constante do Sistema Informatizado de Gestão, visando o suprimento automático dos PRVF;
- b) a análise das vendas dos PRVF;
- c) a análise dos estoques do Sistema, visando às novas aquisições para reposição dos materiais; e
- d) a conferência do Demonstrativo Operacional (DEMOP) dos PRVF, devidamente assinado e acompanhado dos termos de recebimento das GRM recebidas no mês.

Quando indicada a necessidade de abastecimento, são escalados, no mínimo, dois militares para o acompanhamento do caminhão de transporte assumindo aqueles os cargos de motorista e de contador de material seguindo o que está estipulado na NSCA 168-2 (Brasil, 2021):

6.2.1 A movimentação de material deverá ser realizada por meio de aeronaves ou viaturas do COMAER, bem como, também, por transportadoras contratadas para este fim.

6.2.2 Na impossibilidade de se utilizar meios de transporte militares, caberá à Divisão de Distribuição providenciar outro meio mais adequado à situação, correndo as despesas por conta da SDAB.

Após a finalização do planejamento das missões, iniciam-se as separações dos objetos que devem ser extraídos do transelevador e inseridos nos caminhões que realizarão o transporte. O fardamento que chega através de ressuprimento é o mesmo que estará disponível para a troca física seguindo os casos previstos na legislação em vigor.

Dessa forma, percebeu-se a necessidade de informatização do sistema de vendas e de adaptação para a modalidade online visando a economicidade com a redução das missões de fornecimento de fardamento, bem como, uma melhora na estrutura organizacional, pois os militares empregados no transporte ocupam cargos administrativos e durante as missões sua ausência gerava óbice para a administração, atrasando o fluxo de processos e dificultando a comunicação entre os setores.

3.2

Implantação do *E-commerce* no SIFARE

As adversidades que a logística encontra devido à proporção continental do Brasil, atingem também o planejamento da distribuição do fardamento. O modelo de plataforma digital foi escolhido, pois apresenta funcionamento 24 horas, custo de manutenção menor que de uma loja física e pode ter acompanhamento otimizado para vendas que atingem o Brasil inteiro.

Os militares pertencentes ao efetivo da FAB compram o fardamento fornecido pela SDAB através dos 28 PRVF (Figura 8) se estiverem alocados em uma região contemplada por algum deles, somente. O projeto do *e-commerce* visa atendimento ao cliente que esteja em qualquer OM localizada no território nacional.

Além do alcance a nível nacional e acessível a todo o efetivo, este sistema tem o intuito de aumentar a acuracidade na uniformização do fardamento, permitindo que sejam comprados diretamente na unidade responsável pela sua padronização, sendo vendidos por empresas credenciadas e atestadas.

3.3

Logística Reversa do *E-commerce* no SIFARE

A estrutura atual do sistema é composta por lojas físicas que atendem parte do efetivo da Força Aérea Brasileira e realiza as trocas de forma física seguindo os critérios da NSCA 168-2 (Brasil, 2021):

- a) As trocas de materiais somente serão autorizadas entre itens do mesmo grupo característico (família), identificado pelos primeiros 4 dígitos do código do material, observados os critérios abaixo,
 - o material deverá estar acompanhado da 1ª via da Nota de Venda;
 - o prazo máximo para troca de materiais é de 10 (dez) dias úteis; e
 - o material deverá estar em perfeito estado de conservação;
- b) Em caso de defeito de fabricação, o prazo de troca será de 90 (noventa) dias contados da data da compra. A troca deverá ser previamente autorizada pelo Gestor do PRVF, que deverá remanejar o material defeituoso para a SDAB junto com o Relatório de Deficiência (ANEXO G) com a maior brevidade possível;

O estudo deste trabalho é exatamente a etapa final da cadeia logística de suprimento do SIFARE. A logística reversa do *e-commerce* envolve a troca ou o retorno de um produto seguindo as normas do código de defesa do consumidor e as legislações vigentes. O ponto crucial nesse sistema é o atendimento ao cliente com foco no processo de retorno do produto, que deve ser rápido e tempestivo, objetivando prestar as informações adequadas, evitar traumas e reclamações. O fluxograma da Figura 7 demonstra o tópico de maneira visual.

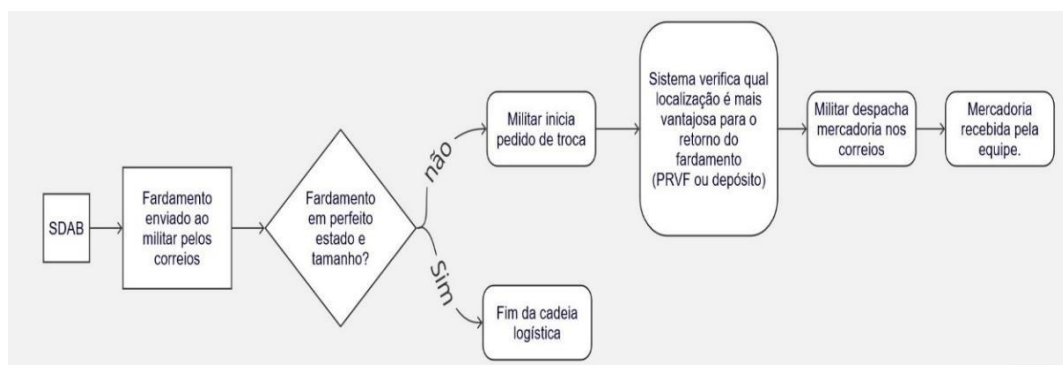


Figura 7: Fluxograma da Logística Reversa do *e-commerce*.

Com a implantação do *e-commerce*, surgiu a necessidade de se realizar um levantamento para analisar qual seria o modelo oportuno a ser aplicado nos casos de necessidade de troca de um produto. Para este estudo foi utilizado como

parametrização o custo de frete para o envio da origem-localidade das unidades da Aeronáutica para cada destino – PRVF.

As vantagens de uma empresa ter uma política de logística reversa bem estruturada são inúmeras, valendo citar: a otimização dos processos logísticos, o ajuste do sistema com a legislação vigente, a diminuição dos custos e o aperfeiçoamento da experiência do consumidor.

Serão considerados os 28 postos de venda de fardamento reembolsável ativos para fins de devolução do produto (definidos como destino). Todas as 371 unidades pertencentes à Aeronáutica serão definidas como origem.

3.4

Método Proposto

A logística reversa do *e-commerce* tem seu início quando o militar realiza o pedido de devolução e finaliza quando a mercadoria é recebida pela equipe do PRVF, que será definido a depender do que for mais vantajoso monetariamente para a administração.

O modelo matemático proposto e a otimização dos custos aplicada têm o objetivo de demonstrar qual o melhor destino para o qual a mercadoria deve ser retornada, a depender de sua origem, bem como, em um segundo momento, realizar uma análise de sensibilidade comparando as despesas para se manter os postos em funcionamento.

Para tanto, com o intuito de definir e organizar as etapas deste estudo, foram seguidas algumas fases, a fim de se atingir as informações para a definição do produto padrão, custos de frete, demanda e custos fixos, cujas dimensões comporão o modelo matemático escolhido e aplicado ao problema proposto neste trabalho. Sendo assim, adiante está exposta a base de dados utilizada, o cálculo elaborado e as adaptações realizadas para a obtenção do resultado obtido.

3.4.1

Modelo Matemático

O modelo foi elaborado no editor de código fonte *Visual Studio Code*

(VSC), utilizando a linguagem de programação aplicada *Julia 1.8.2*.

A formulação foi resolvida através do *Solver GLPK* e dados para a entrada no modelo foram extraídos do Microsoft® Excel e lidos pelo pacote CSV. A mesma estrutura foi aplicada para a saída dos resultados obtidos.

A utilização deste modelo matemático tem a pretensão de fornecer uma metodologia que disponibilize uma ferramenta de cooperação na busca pelo sistema de logística reversa mais vantajoso para a Aeronáutica, implementando a eficiência do processo com o menor custo aplicado.

Para Scaparra e Church, 2008, o modelo da p-Mediana envolve a localização ideal das p instalações que prestam serviços ou suprem um conjunto de demandas. Acrescentam ainda os autores que assumindo a inexistência de restrições de capacidade, o objetivo é minimizar o custo ou a distância ponderada de fornecimento de toda a demanda, onde cada demanda é atribuída à sua instalação mais próxima.

Para tanto, a formulação matemática da p-Mediana, como descrita na Seção 2.3.2, foi aplicada a este trabalho sendo considerados na função objetivo, os custos de frete entre os pontos de interesse, o peso da demanda e o custo fixo das lojas, conforme a expressão a seguir:

$$\text{Minimiza} \quad \sum_i \sum_j h_j d_{ji} X_{ij} + C \sum_i Y_i \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_i X_{ij} = 1 \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\sum_i Y_i = P \quad \forall i \quad (3)$$

$$X_{ij} - Y_i \leq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$Y_{24} = 1 \quad (5)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (6)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (7)$$

h_j = Demanda no nó j

d_{ji} = custo da distância entre o nó de demanda j e o local candidato i

C = custo fixo das lojas

Tabela 2: Classificação dos PRVF.

OM	PRVF	ÍNDICE NO MODELO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	1
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	2
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	3
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	4
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	5
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	6
120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	7
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	8
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	9
120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	10
120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	11
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	12
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	13
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	14
120087 - BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	15
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	16
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	17
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	18
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	19
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	20
120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	21
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	22
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	23
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	24
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	25
120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	26
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	27
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	28

Fonte: Autora

3.5

Aquisição dos dados

A aquisição de dados é uma etapa fundamental em qualquer pesquisa, pois é por meio dela que são obtidas informações relevantes para responder às questões de pesquisa propostas. Na área de Pesquisa Operacional, a aquisição de dados é um dos principais pilares para a implementação de modelos matemáticos e soluções eficientes para problemas complexos.

A Força Aérea Brasileira faz uso do Sistema de Logística Integrada, responsável por gerenciar a cadeia logística de todas as áreas pertencentes às OM's.

Esta base de dados fornece a informação das unidades apoiadas e apoiadoras da FAB, sendo assim, foi extraída uma planilha com o Microsoft® Excel com os dados das 371 unidades da Aeronáutica.

Através do Sistema Integrado de Abastecimento, foi possível extrair a planilha de dados com informações de todos os PRVF alocados em OM no Brasil, totalizando 28 PRVF, bem como os registros de trocas nos últimos três anos.

3.5.1

Produto Padrão

Neste item está descrito o processo de definição do produto padrão para ser utilizado como modelo para posterior inserção de dados e extração dos custos de frete.

a) Tratamento dos Dados e Definição do Produto Padrão

Para a inserção dos dados no site dos correios, é necessário definir as dimensões da mercadoria que será utilizada como padrão para a extração dos custos do frete. Desta forma estabeleceu-se que o método a ser utilizado para estabelecer as dimensões da mercadoria a ser transportada seria a análise dos dados de troca nos anos de 2020, 2021 e 2022 de todos os PRVF, e para fins de simplificação o produto mais trocado será escolhido como produto padrão.

Após a extração das informações das trocas realizadas nas lojas, elas foram relacionadas em planilha no Microsoft® Excel, com os postos nas quais foram efetivadas, e através da inserção dos dados no programa *RStudio*, foi obtido o uniforme que obteve mais troca em cada PRVF.

A planilha utilizada para alimentar os dados no R encontra-se no Apêndice I e contém informações como o extrato da Tabela 3.

Tabela 3: Planilha de Dados (PRODUTOPADRAO) – Apêndice I.

codigo_sdab	id_produto	numero_loja	id_troca	ano	mes	data_troca	venda	id_item_d evolvido	id_item_e ntregue	NOME_ POSTO	PRODUTO_DETALHADO
104501	1045	22	22560383	2020	1	09/01/2020	22549904	1003209	1003210	AFA	CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 01
651104	6511	22	22603952	2020	1	16/01/2020	22408954	696	697	AFA	SAPATO MASCULINO PRETO SOLADO DE BORRACHA N. 40
104503	1045	22	22606747	2020	1	20/01/2020	22583565	1003269	1003210	AFA	CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03
103004	1030	22	22639135	2020	1	28/01/2020	22315448	42151664	42151665	AFA	CAMISETA BRANCA COM GLADIO ALADO G
106606	1066	22	22769803	2020	2	17/02/2020	22768987	279	277	AFA	CALÇA FEMININA AZUL-AERONÁUTICA N. 46
106606	1066	22	22769805	2020	2	17/02/2020	22768987	279	277	AFA	CALÇA FEMININA AZUL-AERONÁUTICA N. 46
106604	1066	22	22769810	2020	2	17/02/2020	22768987	277	278	AFA	CALÇA FEMININA AZUL-AERONÁUTICA N. 42
106604	1066	22	22769804	2020	2	17/02/2020	22768987	277	278	AFA	CALÇA FEMININA AZUL-AERONÁUTICA N. 42

Para a utilização dos dados e extração dos custos da mercadoria, será utilizada a Tabela 4, onde cada linha corresponde ao produto mais trocado em cada um dos 28 PRVF, nos anos de 2020, 2021 e 2022.

Tabela 4: Planilha de Dados (TROCAS PRVF) – Apêndice II.

PRODUTO MAIS TROCADO	LOJA	NÚMERO DO PRVF
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 04	GAPRJ	1
GANDOLA TECIDO CAMUFLADO RIP STOP N. 03	GAPAN	2
CAMISETA BRANCA COM GLADIO ALADO EG	BACG	3
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 04	BAFL	4
CAMISETA BRANCA COM GLADIO ALADO P	BAFZ	5
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03 / CAMISETA BRANCA COM GLADIO ALADO G	GAP GL	6
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	GAP MN	7
GANDOLA TECIDO CAMUFLADO RIP STOP N. 03	BARF	8
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 04	BASV	9
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	BASC	10
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	GAP SM	11
CAMISA MASCULINA AZUL-CLARO DE MANGAS CURTAS TAM. 03	BASP	13
CAMISETA BRANCA COM GLADIO ALADO P	BANT	14
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 02	GAP SJ	15
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 02	BABE	16
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 02	GAP CO	17
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 01	HFASP	18
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 02	EEAR	19
CASACO COM FORRO E CAPUZ CAMUFLADO N. 01	CINDACTA 2	20
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 01	EPCAR	21
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	AFA	22
CAMISA MASCULINA AZUL-CLARO DE MANGAS CURTAS TAM. 03	BAAF	23
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 04	GAP LS	24
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	GAP BR	27
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 01	GAPBV	28
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	GAP PV	29
CALÇA CAMUFLADA RIP STOP N. 03	CLA	30
TÊNIS BRANCO MODELO SUPERIOR N. 35	SDAB	31

Sendo assim, a seguinte questão foi respondida: Qual o produto padrão que será utilizado como base para a estruturação dos custos dos dados do frete? Após

análise da planilha exposta chegou-se à conclusão de que o uniforme mais trocado é a calça camuflada RIP STOP. Esse resultado servirá como “produto padrão” para alimentar as informações necessárias e proporcionar o estudo da logística reversa do *e-commerce* aplicada aos PRVF.

3.5.2

Custos de Frete

a) Base de Cálculo

A administração pública, regida pela Lei 8.666, de 21 de junho de 1993, conta com a ferramenta do pregão eletrônico para a obtenção de produtos e serviços. No ano de 2022, foi elaborado pelo setor de planejamento da AB1, divisão pertencente a SDAB, o Termo de referência 038/AB1/2022, disponibilizado publicamente através do site comprasnet.gov.br para contratação de assinatura de plataforma de comércio eletrônico para o SIFARE. O pregão foi homologado para a empresa VTEX BRASIL TECNOLOGIA PARA *E-COMMERCE* LTDA, em novembro de 2022. A base de cálculo usada pela empresa para a composição dos custos de frete foi a padronização aplicada ao mercado, com a aplicação do coeficiente definido conforme padrões internacionais.

O fator de cubagem é o coeficiente resultante da relação entre peso e volume que é mais adequado e comercialmente justo para a cubagem de aeronaves, conforme recomendado pela Entidade Internacional das Empresas Aéreas – IATA, sendo seu valor igual a 6.000.

O cálculo é realizado da seguinte forma:

Dimensão do Pacote: comprimento(cm) x largura(cm) x altura(cm)

Peso físico: Peso (kg)

Fator volumétrico: 6.000 cm³/kg

Peso volumétrico: comprimento * largura * altura/6.000

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos também utiliza a mesma base de cálculo descrita anteriormente, conforme item 5 do Termo de Condições de Prestação de Serviços de Encomendas Nacionais. O Item 5.1.1 do termo de contrato dos Correios estabelece que as encomendas que possuem o peso volumétrico de até

5 kg sempre serão precificadas pelo peso físico, ou seja, com o resultado medido na balança.

Os cálculos de peso físico e peso volumétrico foram realizados através de planilha no Microsoft® Excel e como resultado obteve-se que nenhum peso volumétrico ultrapassa 5kg, desta forma o cálculo será feito utilizando o peso físico. Sendo assim, o cômputo do custo por trecho será adquirido utilizando a ferramenta dos correios disponibilizada através do site. Os seguintes dados são necessários para alimentar o sistema dos correios: Data da postagem, CEP de origem e destino, tipo de serviço (PAC), formato da embalagem, dimensões do produto e peso.

b) Definição dos Parâmetros

De acordo com o Artigo 49 do código de Defesa do Consumidor, a chamada Lei do arrependimento, Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, é definida da seguinte forma:

“O consumidor pode desistir do contrato, no prazo de 7 dias a contar de sua assinatura ou do ato de recebimento do produto ou serviço, sempre que a contratação de fornecimento de produtos e serviços ocorrer fora do estabelecimento comercial, especialmente por telefone ou a domicílio.” (Brasil, 1990)

Sendo assim, qualquer consumidor que compre produtos através de plataformas na internet se enquadra no direito de arrependimento, fato que leva as empresas do ramo a se planejarem quanto à estrutura da logística reversa para os casos de troca ou devolução.

Para este estudo, foi utilizada como padronização a plataforma dos Correios, conforme explicitado na Base de Cálculo da Seção 3.5.2, seguindo os fatores de padronização internacional. Nesta plataforma há duas possibilidades para o frete de logística reversa nos correios: PAC e SEDEX. Ambos os tipos de serviço podem acontecer tanto em dias úteis quanto em feriados, porém apesar do PAC apresentar um prazo maior para a entrega, tal opção foi escolhida por retornar o menor custo para o mesmo trecho.

Foi definido o emprego da embalagem: Caixa de Encomenda Básica - 4B, de dimensões 27x36x18cm, finalizando, portanto, os itens que necessitavam ser parametrizados. A extração dos custos de frete foi iniciada através do site dos

correios de acordo com a seguinte parametrização:

CEP de origem: OM da Aeronáutica

CEP de destino: PRVF

Tipo de serviço: PAC

Embalagem dos correios: Caixa de Encomenda Básica - 4B

Peso estimado: 1kg

Após a extração dos custos de frete, ele foi ponderado pela quantidade de trocas em cada OM realizadas mensalmente e pela demanda.

3.5.3

Demanda

Através da análise das transações ocorridas nos anos de 2020, 2021 e 2022, foi realizada a determinação da média mensal de trocas em cada OM. Utilizando as informações referentes ao número de pessoal alocado em cada localidade, efetuou-se o cálculo da quantidade de trocas proporcionalmente distribuída para cada uma dessas OM. Esse processo permitiu estabelecer uma relação entre a atividade de troca e o tamanho das unidades militares, proporcionando uma visão mais precisa e equitativa da distribuição das trocas em todo território nacional.

A quantidade de troca obtida foi estabelecida como a demanda, sendo então multiplicado pelo custo da distância entre o nó de demanda e o local candidato, conforme demonstrado na Seção 3.4.1.

3.5.4

Custos Fixos

“Todos os custos de produção que permanecem constantes qualquer que seja o volume de produção são considerados custos fixos.” (FERRARI, 2015). “Estes custos ou despesas existem mesmo que não ocorra produção, não estão diretamente atrelados a produção e vendas e não variam num determinado período de tempo e em certa capacidade instalada.” (BRUNI e FAMÁ, 2012)

Martins (2010) também discorre que, os custos fixos de uma empresa existem independentemente de a prestação do serviço ocorrer ou do volume de produção e são distribuídos por meio de critérios de rateio. Os custos que não

influenciam nas vendas dos produtos, mas continuam existindo caso a loja venda ou não, são considerados custos fixos.

Para a construção do modelo deste trabalho, será calculado somente o total dos custos fixos do PRVF com energia elétrica e água e este será utilizado como valor padrão a ser implantado. O PRVF modelo utilizado é o de número 21, localizado na Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR) por ser esta a loja recentemente reformada e adaptada aos padrões previstos nas normas vigentes.

a) Cálculo do Custo de Energia Elétrica

Para o cálculo do custo de luz, foi utilizado o simulador de consumo encontrado no site da Entidade Nacional de Eletricidade (Enel), que realiza a simulação por kWh.

O total consumido por mês, considerando a estrutura do PRVF 21, foi de 417,96 kWh. A operadora de energia em Barbacena - MG, sede do posto em questão, é a CEMIG-D. De acordo com os dados extraídos do site da Agência Nacional de Energia elétrica, é cobrado por esta operadora, o valor de R\$0,618 por kWh. Sendo assim, calculando o total consumido pelo preço do kWh tem-se um total de R\$ 258,29.

b) Cálculo do Custo de Água

Para o cálculo do custo de água, foi utilizado o simulador de consumo encontrado no site da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que realiza a simulação por m³.

O total consumido por mês, considerando a estrutura do PRVF 21 é de 6,876 m³. O abastecimento de água em Barbacena - MG, sede do posto em questão, é prestado pela SAS (Serviço de Água e Saneamento). De acordo com os dados extraídos da RESOLUÇÃO DE FISCALIZAÇÃO E REGULAÇÃO – ARISB-MG Nº 217, de 04 de novembro de 2022, é cobrado, por esta operadora, o valor de R\$3,1102 por m³.

Sendo assim, calculando o total consumido pelo preço do m³, tem-se um total de R\$ 21,38.

c) Custo Fixo Total

Após a conclusão dos cálculos elaborados e expostos nos itens anteriores, obteve-se o valor de R\$ 279,67, que para fins de simplificação dos cálculos a serem aplicados no modelo, o custo total será considerado de R\$ 280,00.

4

Experimentos e Resultados

Esta seção apresentará os resultados obtidos a partir da formulação de $p=28$, cujo modelo desenvolvido poderá ser utilizado como ferramenta para auxiliar na decisão da estrutura escolhida para a logística reversa do *e-commerce*. A análise de sensibilidade, onde $p=28, 27, 26, \dots, 1$, foi aplicada primeiramente com o objetivo de verificar se o modelo proposto pelo setor responsável pela implementação do *e-commerce* seria o mais rentável, considerando-se que seis lojas ficariam abertas. Posteriormente, ficou demonstrado no resultado da análise de sensibilidade a quantidade ideal de lojas que devem permanecer abertas de acordo com o custo mínimo.

4.1

Aplicação do modelo Matemático

Conforme exposto no item 2.1, sobre despesas discricionárias, o orçamento disponibilizado para investimento e direcionado à ação 21A0 do SIFARE é limitado e condicionado às vendas realizadas nos PRVF. Estabeleceu-se para este estudo a minimização dos custos através da função objetivo e de suas restrições impostas, sendo estruturado da seguinte forma:

$$\text{Minimiza} \quad \sum_i \sum_j h_j d_{ji} X_{ij} + c \sum_i Y_i \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_i X_{ij} = 1 \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\sum_i Y_i = P \quad \forall i \quad (3)$$

$$X_{ij} - Y_i \leq 0 \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$Y_{24} = 1 \quad (5)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (6)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (7)$$

h_j = Demanda no nó j

d_{ji} = custo da distância entre o nó de demanda j e o local candidato i

C = custo fixo das lojas

p = número de instalações a localizar

Variáveis de decisão

$Y_i =$ 1, se uma instalação for localizada em i

0, caso contrário

$X_{ij} =$ 1, se a demanda do nó j for atendida por uma instalação localizada em i

0, caso contrário

a) Função Objetivo

A função objetivo foi aplicada de forma que o custo do frete entre a origem (OM) e o destino (PRVF), incluso os custos fixo das lojas, retornasse o menor possível para cada associação, assegurando que as demais correlações sejam descartáveis, sendo mais dispendiosas que a solução ótima encontrada.

b) Restrições

A restrição (2) assegura que cada nó da demanda será atendido, e a (3) impõe que p postos devem ser localizados, sendo $P=28$. A restrição (4) delimita as atribuições aos postos abertos, a número (5) fixa o PRVF 27, representado pelo número 24, conforme Tabela 2, como um ponto sempre aberto, sendo as de número (6) e (7), restrições de integralidade.

c) Análise de sensibilidade

O modelo foi gerado em duas etapas, na primeira sem a utilização da restrição (5) e, na segunda, houve a aplicação dela. Verificou-se a necessidade da realização de análise de sensibilidade com o objetivo de indicar o fechamento dos postos de forma gradativa e o respectivo custo de operação.

A análise de sensibilidade foi executada em duas etapas de forma que a função objetivo permanecesse idêntica à aplicada e descrita na Seção 3.4.1. Na primeira etapa o modelo manteve as restrições do modelo 1 e na segunda etapa foi realizado um estudo aplicando a restrição (5) de fixação do PRVF 27. Em ambas as etapas o modelo foi processado 28 vezes, e a cada rodada o número do p foi alterado de 28 postos abertos até a possibilidade de somente 1.

4.2

Minimização dos Custos

Após estudo de campo e reunião com o setor responsável, verificou-se que deveria ser levado em consideração a importância estratégica dos Postos. O Posto de número 24, localizado no Grupamento de apoio de Brasília, foi indicado como extremamente necessário, devido a sua localização. Os militares que ali servem, recebem demandas e atendem autoridades sediadas em Brasília e que visitam a OM para cumprimento de missões diversas, desta forma, a disponibilização do material tempestivamente é crucial para o atendimento adequado ao público.

Sendo assim, minimização do custo foi realizado em duas etapas, a primeira não considerou a restrição de fixação do posto nº 24 aberto e a segunda considerou esta restrição. A primeira etapa considerando $p=28$ foi desenvolvida com o intuito de demonstrar o cenário atual na implementação do *e-commerce*, para que posteriormente o mesmo possa ser comparado com os resultados encontrados na análise de sensibilidade e ponto de inflexão.

O modelo da p -Mediana utilizado, foi alimentado com as informações contidas na planilha dinâmica, que detalhava os 28 PRVF, representando os destinos e as 371 OM que foram consideradas para fins de localização do consumidor, conforme pontos ilustrados na Figura 9.

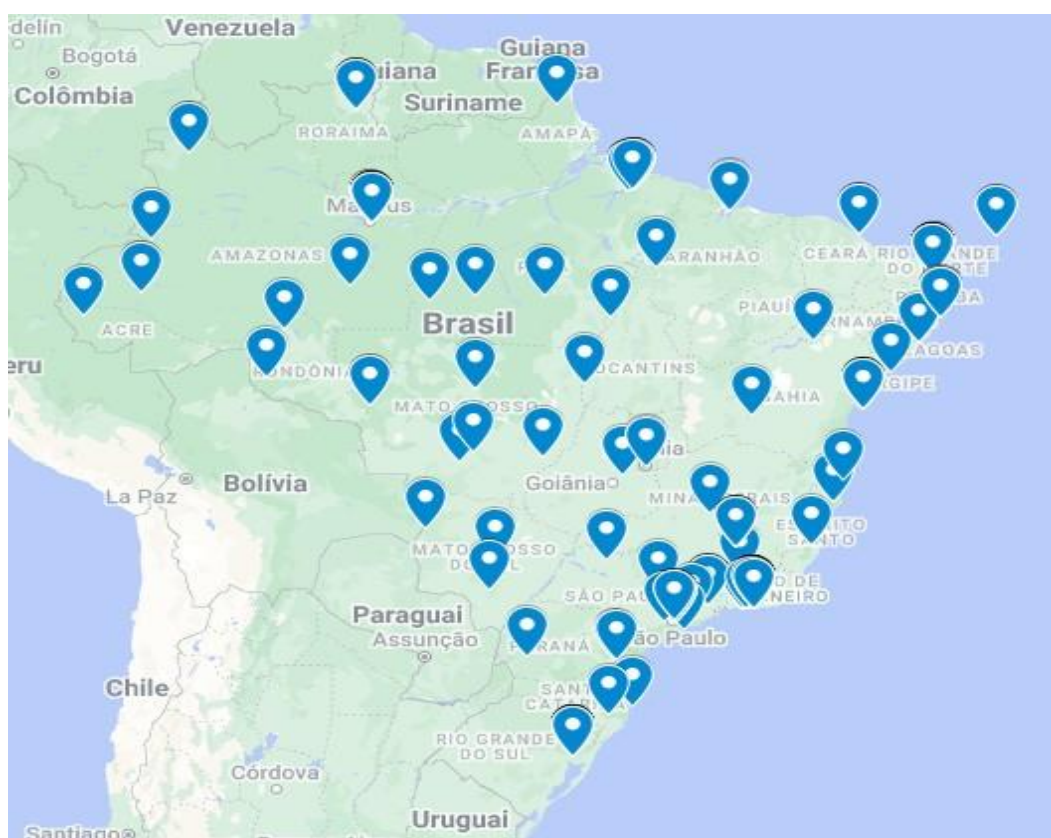


Figura 9: Origens – Organizações Militares.

Todas as restrições foram respeitadas, gerando a solução ótima, acusando que a função objetivo foi minimizada e o resultado foi o mais rentável possível. A Tabela 5 detalha de quantas origens cada PRVF recebe as mercadorias e o custo total desta operação.

Tabela 5: 1º Etapa – Sem Restrição (5) E Com Restrição (5).

1º ETAPA – SEM RESTRIÇÃO (5) E COM RESTRIÇÃO (5)			
OM	PRVF	ORIGENS RECEBIDAS	TOTAL DO CUSTO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	100	R\$ 19.189,90
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	43	R\$ 12.562,30
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	16	R\$ 1.637,20
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	5	R\$ 671,40
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	3	R\$ 465,80
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	0	R\$ 280,00

120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	24	R\$ 4.179,70
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	16	R\$ 1.873,60
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	9	R\$ 2.197,90
120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	0	R\$ 280,00
120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	12	R\$ 1.184,80
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	0	R\$ 280,00
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	14	R\$ 2.518,80
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	46	R\$ 6.616,60
120087 – BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	21	R\$ 2.699,00
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	15	R\$ 2.538,10
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	0	R\$ 280,00
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	4	R\$ 1.389,60
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	7	R\$ 785,00
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	8	R\$ 1.562,50
120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	7	R\$ 1.859,10
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	0	R\$ 280,00
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	0	R\$ 280,00
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	0	R\$ 280,00
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	5	R\$ 744,10
120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	11	R\$ 2.571,40
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	5	R\$ 631,60
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	0	R\$ 280,00
TOTAL			R\$ 70.118,40

Fonte: Autora.

Observou-se que, após executar o modelo, o mesmo resultado foi obtido nas etapas com e sem restrição, tendo em vista que em ambos os casos todos os postos foram fixados abertos, inclusive o PRVF 27, não gerando nenhum custo a mais. Oito postos não foram opções para o recebimento das mercadorias, sendo o PRVF 01 aquele que recebeu mais fardamento das origens. Os 20 postos selecionados como ponto de recebimento estão demonstrados na Figura 10.

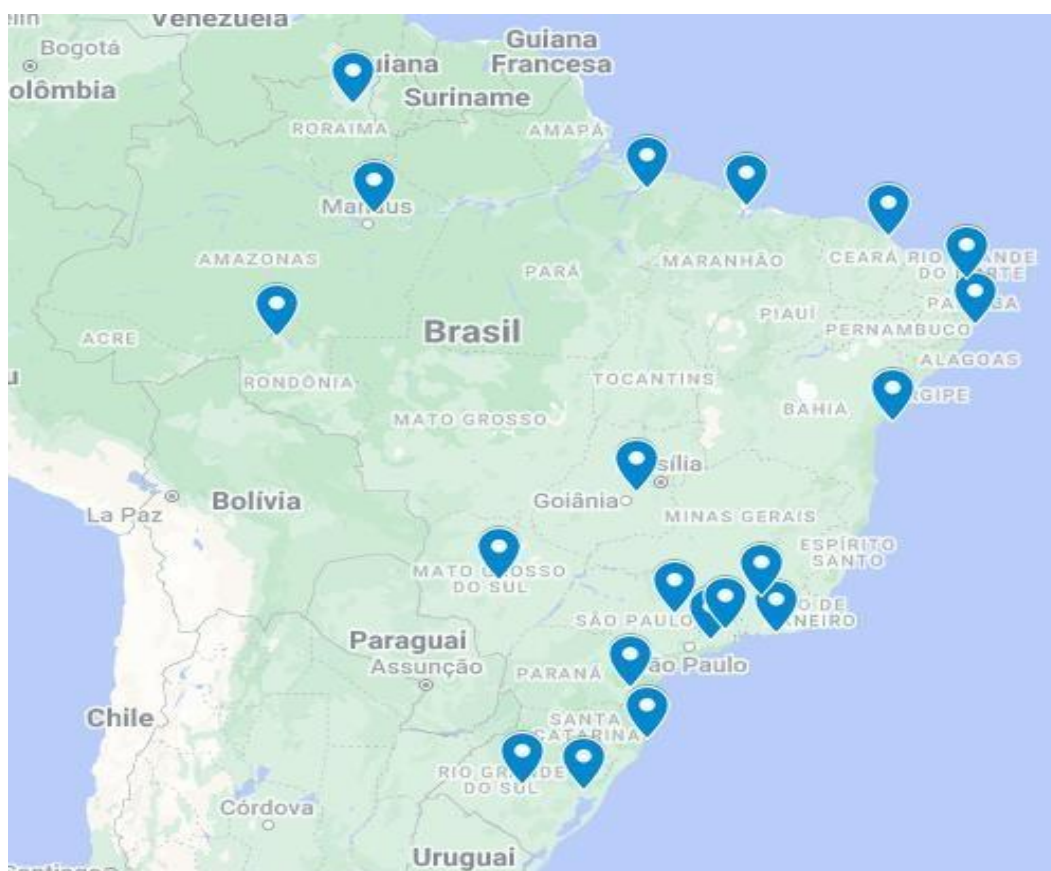


Figura 10: Mapa do Resultado com e sem a restrição.

4.3

Análise de sensibilidade

O estudo da análise de sensibilidade propiciará ao setor responsável uma metodologia munida de ferramentas para colocar em prática decisões gerenciais e organizacionais. Este instrumento demonstra os custos de operação em cada caso para as quantidades de lojas abertas.

Após uma pesquisa de campo e análise, com a ajuda do setor responsável pelo projeto do *e-commerce*, chegou-se à conclusão de que seis seria o número sugerido de lojas que deveriam permanecer abertas. O modelo foi processado sem e com a restrição (5) com o objetivo de propiciar a comparação dos custos conforme as Tabelas 6 e 7.

Tabela 6: Análise sem Restrição (5).

SEM RESTRIÇÃO (5)			
OM	PRVF	ORIGENS RECEBIDAS	TOTAL DO CUSTO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	151	R\$ 33.744,10
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	0	R\$ 0,00
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	0	R\$ 0,00
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	0	R\$ 0,00
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	0	R\$ 0,00
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	0	R\$ 0,00
120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	40	R\$ 7.804,70
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	0	R\$ 0,00
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	12	R\$ 2.560,70
120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	0	R\$ 0,00
120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	0	R\$ 0,00
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	0	R\$ 0,00
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	31	R\$ 4.577,80
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	111	R\$ 15.432,80
120087 - BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	26	R\$ 3.114,20
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	0	R\$ 0,00
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	0	R\$ 0,00
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	0	R\$ 0,00
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	0	R\$ 0,00
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	0	R\$ 0,00
120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	0	R\$ 0,00
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	0	R\$ 0,00
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	0	R\$ 0,00
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	0	R\$ 0,00
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	0	R\$ 0,00

120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	0	R\$ 0,00
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	0	R\$ 0,00
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	0	R\$ 0,00
TOTAL			R\$ 67.234,30

Fonte: Autora.

Tabela 7: Análise com Restrição (5).

COM RESTRIÇÃO (5)			
OM	PRVF	ORIGENS RECEBIDAS	TOTAL DO CUSTO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	151	R\$ 33.744,10
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	0	R\$ 0,00
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	0	R\$ 0,00
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	0	R\$ 0,00
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	0	R\$ 0,00
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	0	R\$ 0,00
120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	41	R\$ 8.177,90
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	0	R\$ 0,00
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	0	R\$ 0,00
120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	0	R\$ 0,00
120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	0	R\$ 0,00
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	0	R\$ 0,00
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	42	R\$ 7.223,00
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	111	R\$ 15.432,80
120087 - BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	26	R\$ 3.114,20
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	0	R\$ 0,00
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	0	R\$ 0,00
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	0	R\$ 0,00
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	0	R\$ 0,00
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	0	R\$ 0,00

120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	0	R\$ 0,00
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	0	R\$ 0,00
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	0	R\$ 0,00
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	0	R\$ 280,00
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	0	R\$ 0,00
120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	0	R\$ 0,00
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	0	R\$ 0,00
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	0	R\$ 0,00
TOTAL			R\$ 67.972,00

Fonte: Autora.

No primeiro resultado os seis postos que se mantiveram abertos foram os seguintes: PRVF01, PRVF07, PRVF09, PRVF14, PRVF15 e PRVF16, obtendo o custo total de R\$ R\$ 67.234,30 (Figura 11).

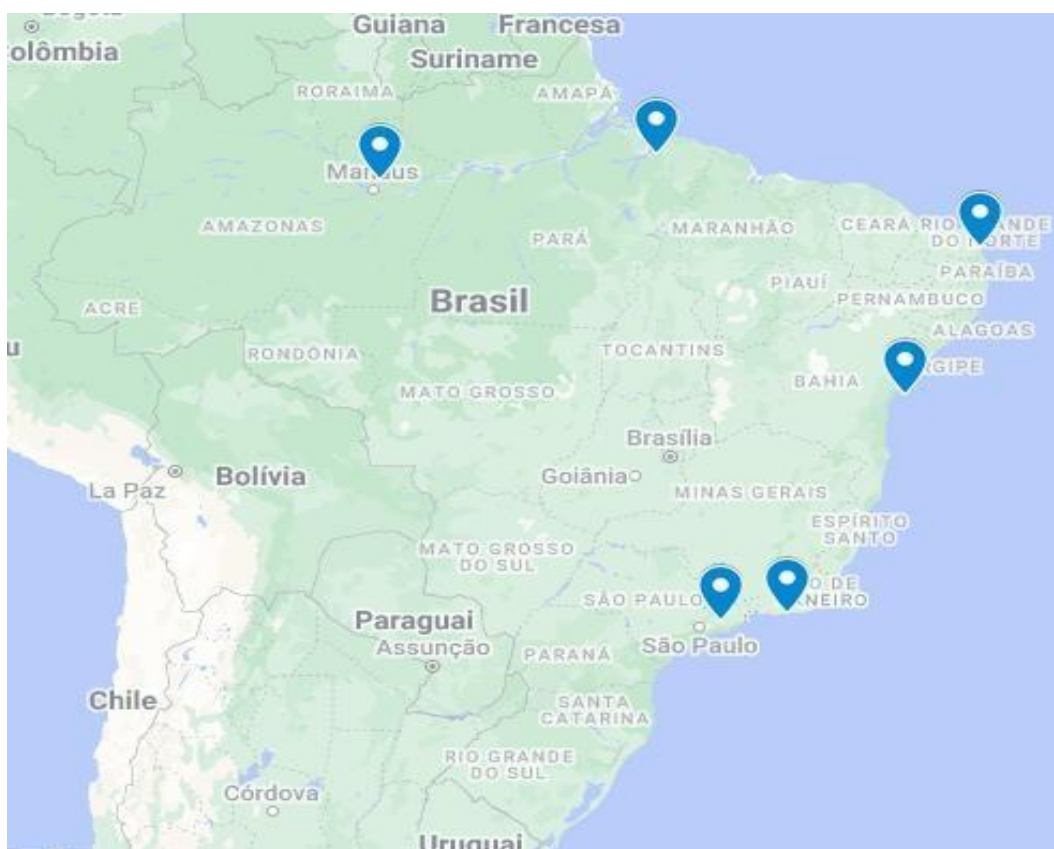


Figura 11: Mapa do resultado sem a restrição do PRVF Fixo.

O segundo resultado foi construído considerando que seis postos ficariam abertos, incluindo o posto 27, sendo eles: PRVF01, PRVF07, PRVF14, PRVF15 e

PRVF16, obtendo o custo total de R\$ 67.972,00 com restrição (Figura 12).

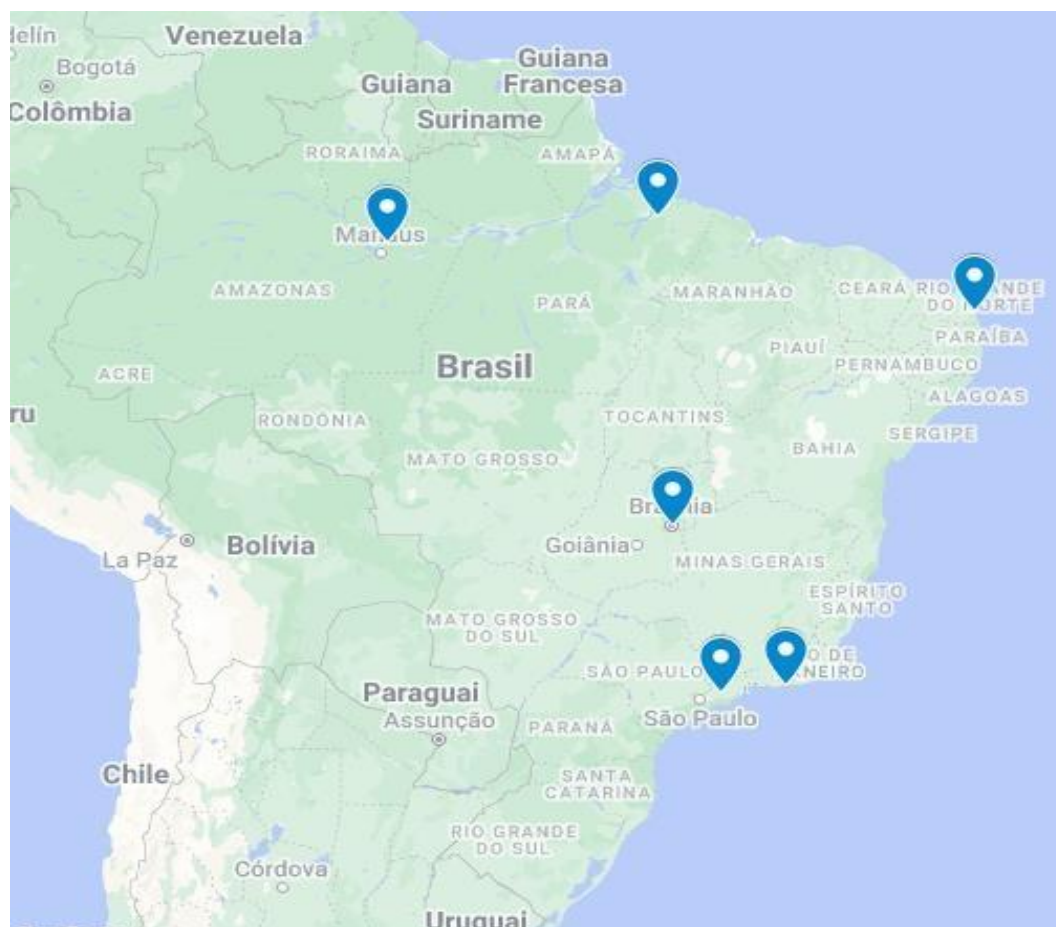


Figura 12: Mapa do Resultado com a Restrição do PRVF Fixo.

4.4

Ponto de inflexão

Destaca-se que, ao concluir todas as iterações, foi identificado um ponto de inflexão, revelando que o custo mínimo da operação é obtido ao manter apenas 10 lojas abertas sem a restrição (5), e 11 lojas abertas com a restrição (5). Isso pode ser visualizado nas Figuras 13 e 14, bem como nas Tabelas 8 e 9, que permitem a comparação dos valores.

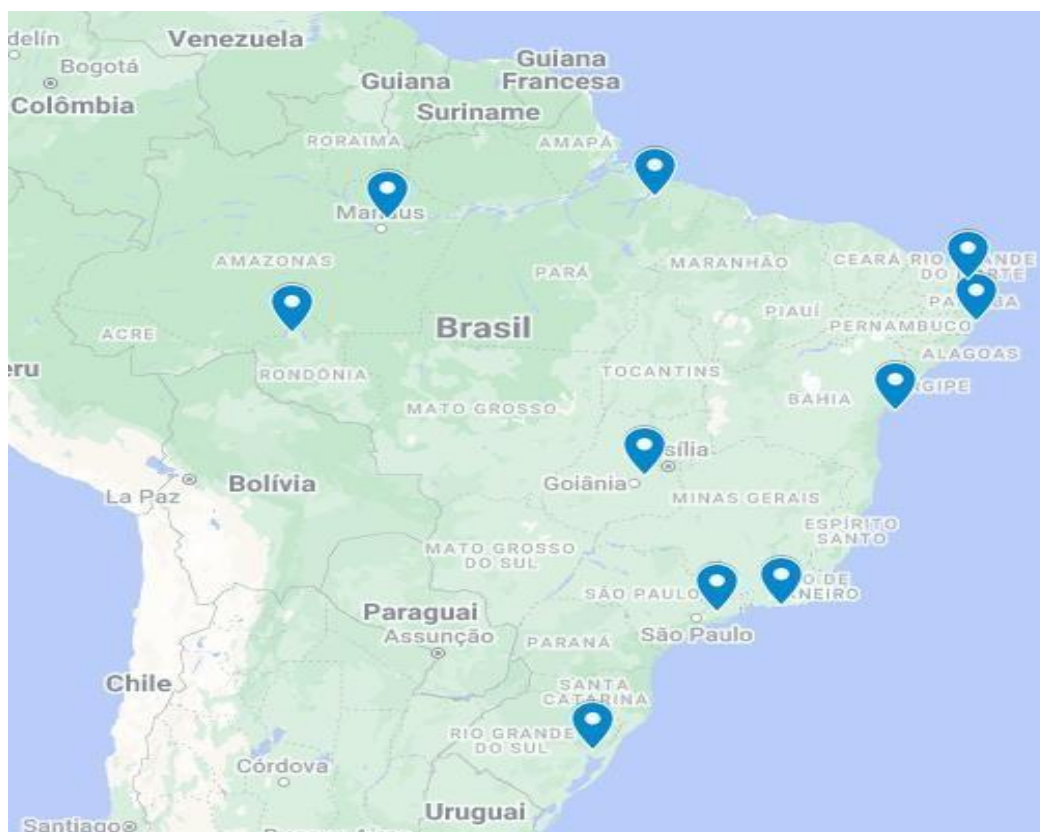


Figura 13: Mapa do Resultado do Ponto de Inflexão sem a Restrição do PRVF Fixo.

Tabela 8: Ponto de Inflexão sem Restrição (5).

SEM RESTRIÇÃO (5)			
OM	PRVF	ORIGENS RECEBIDAS	TOTAL DO CUSTO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	R\$ 22.451,80	110
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	R\$ 13.082,70	56
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	R\$ 0,00	0
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	R\$ 0,00	0
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	R\$ 0,00	0
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	R\$ 0,00	0
120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	R\$ 4.794,20	29
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	R\$ 2.417,20	20
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	R\$ 2.197,90	9
120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	R\$ 0,00	0

120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	R\$ 0,00	0
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	R\$ 0,00	0
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	R\$ 2.518,80	14
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	R\$ 9.671,60	69
120087 – BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	R\$ 3.114,20	26
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	R\$ 3.550,20	27
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	R\$ 0,00	0
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	R\$ 0,00	0
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	R\$ 0,00	0
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	R\$ 0,00	0
120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	R\$ 0,00	0
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	R\$ 0,00	0
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	R\$ 0,00	0
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	R\$ 0,00	0
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	R\$ 0,00	0
120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	R\$ 2.571,40	11
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	R\$ 0,00	0
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	R\$ 0,00	0
TOTAL			R\$ 66.370,00

Fonte: Autora.

No resultado sem a Restrição (5) os dez postos que se mantiveram abertos foram os seguintes: PRVF01, PRVF02, PRVF07, PRVF08, PRVF09, PRVF14, PRVF15, PRVF16, PRVF17 e PRVF29, obtendo o custo total de R\$ R\$ 66.370,00.

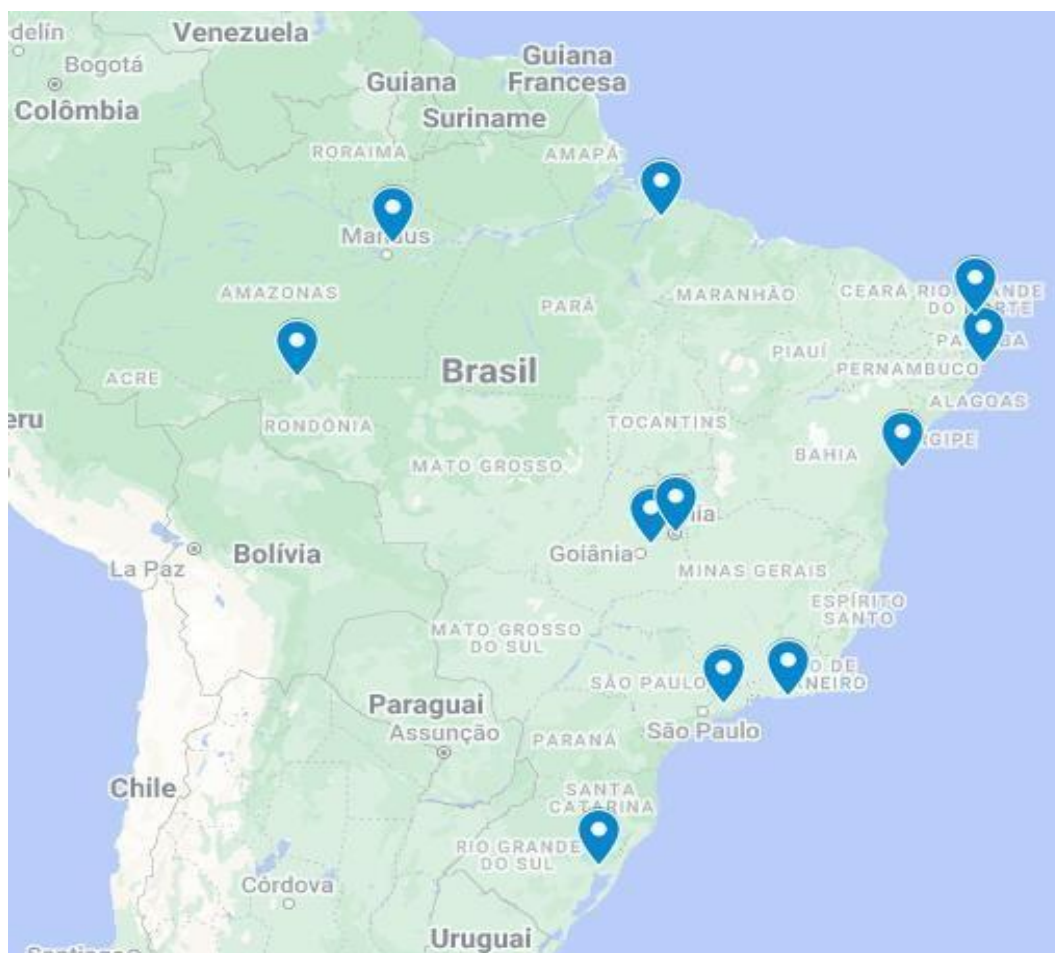


Figura 14: Mapa do Resultado do Ponto de Inflexão com a Restrição do PRVF Fixo.

Tabela 9: Ponto de Inflexão com Restrição (5).

COM RESTRIÇÃO (5)			
OM	PRVF	ORIGENS RECEBIDAS	TOTAL DO CUSTO
120039 - GRUPAMENTO DE APOIO DO RIO DE JANEIRO	PRVF01	110	R\$ 22.451,80
120624 - GRUPAMENTO DE APOIO DE ANAPOLIS	PRVF02	56	R\$ 13.082,70
120027 - BASE AÉREA DE CAMPO GRANDE	PRVF03	0	R\$ 0,00
120073 - BASE AÉREA DE FLORIANÓPOLIS	PRVF04	0	R\$ 0,00
120014 - BASE AÉREA DE FORTALEZA	PRVF05	0	R\$ 0,00
120645 - GRUPAMENTO DE APOIO DO GALEAO	PRVF06	0	R\$ 0,00
120630 - GRUPAMENTO DE APOIO DE MANAUS	PRVF07	29	R\$ 4.794,20
120018 - BASE AÉREA DE RECIFE	PRVF08	20	R\$ 2.417,20
120023 - BASE AEREA DE SALVADOR	PRVF09	9	R\$ 2.197,90

120031 - BASE AÉREA DE SANTA CRUZ	PRVF10	0	R\$ 0,00
120643 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SANTA MARIA	PRVF11	0	R\$ 0,00
120062 - BASE AÉREA DE SÃO PAULO	PRVF13	0	R\$ 0,00
120101 - BASE AÉREA DE NATAL	PRVF14	14	R\$ 2.518,80
120016 - GRUPAMENTO DE APOIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS	PRVF15	69	R\$ 9.671,60
120087 - BASE AÉREA DE BELÉM	PRVF16	26	R\$ 3.114,20
120629 - GRUPAMENTO DE APOIO DE CANOAS	PRVF17	27	R\$ 3.550,20
120066 - HOSPITAL DE FORÇA AEREA DE SAO PAULO	PRVF18	0	R\$ 0,00
120064 - ESCOLA DE ESPECIALISTAS DA AERONÁUTICA	PRVF19	0	R\$ 0,00
120072 - SEGUNDO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO	PRVF20	0	R\$ 0,00
120025 - ESCOLA PREPARATÓRIA DE CADETES DO AR	PRVF21	0	R\$ 0,00
120060 - ACADEMIA DA FORÇA AÉREA	PRVF22	0	R\$ 0,00
120623 - BASE AEREA DOS AFONSOS	PRVF23	0	R\$ 0,00
120636 - GRUPAMENTO DE APOIO DE LAGOA SANTA	PRVF24	0	R\$ 0,00
120006 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BRASILIA	PRVF27	0	R\$ 280,00
120637 - GRUPAMENTO DE APOIO DE BOA VISTA	PRVF28	0	R\$ 0,00
120641 - GRUPAMENTO DE APOIO DE PORTO VELHO	PRVF29	11	R\$ 2.571,40
120013 - CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA	PRVF30	0	R\$ 0,00
120100 - SUBDIRETORIA DE ABASTECIMENTO	PRVF31	0	R\$ 0,00
TOTAL			R\$ 66.650,00

Fonte: Autora.

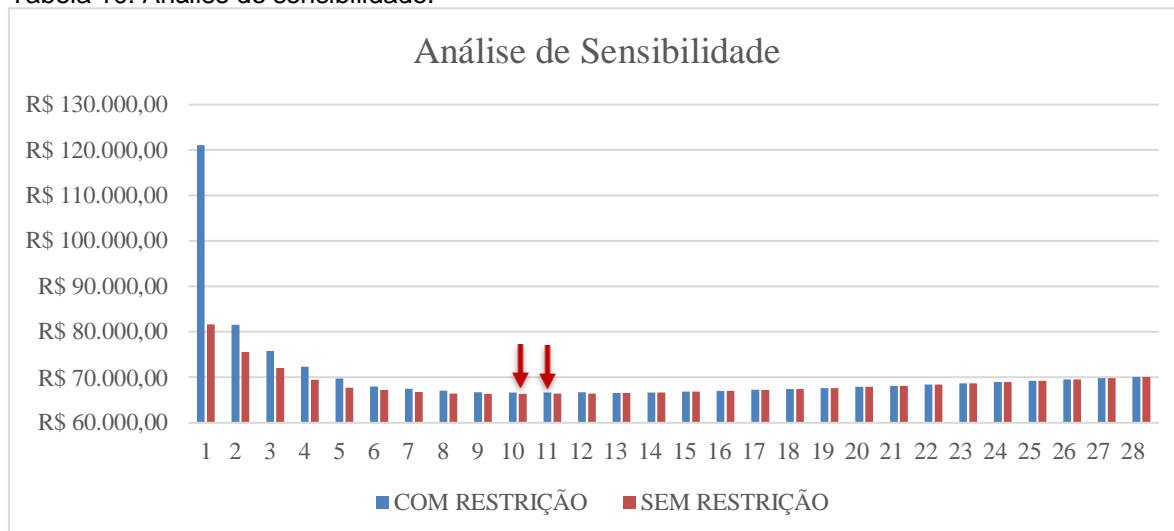
O ponto de inflexão do modelo aplicando a Restrição (5) foi obtido com onze postos abertos, dentre eles, o posto 27. Os onze postos são os seguintes: PRVF01, PRVF02, PRVF07, PRVF08, PRVF09, PRVF14, PRVF15, PRVF16, PRVF17, PRVF24 e PRVF29, com um custo total de R\$ 66.650,00 com restrição conforme demonstrado na Figura 11 e Tabela 9.

O valor mínimo total obtido no ponto de inflexão com $P=10$ sem a restrição (5) foi menor que o $P=11$ com a restrição (5), demonstrando que existe um custo maior com a permanência do PRVF 27 aberto.

Para fins de demonstração dos dados, foi elaborado o gráfico da Tabela 10

com as 28 rodadas do modelo, com e sem a restrição (5), podendo ser observado, que a restrição resulta em um custo maior na estrutura da operação.

Tabela 10: Análise de sensibilidade.



Fonte: Autora.

4.5

Discussão

O modelo matemático das p-medianas foi adaptado e utilizado para auxiliar na tomada de decisão futura tendo em vista que o fechamento de algumas lojas de atendimento do efetivo da Aeronáutica é um anseio dos gestores do projeto.

A tabela 5 registra que 20 postos foram opção do modelo para o envio dos fardamentos, com o resultado de maior concentração de recebimento no posto PRVF 01, localizado no Rio de Janeiro, acumulando o recebimento de 100 origens.

Apesar da fixação do PRVF 27, ao rodar considerando $p=28$, ele não foi uma opção de envio de mercadoria, permanecendo somente com o custo fixo de R\$ 280,00. O modelo apresentou o mesmo custo de transporte aplicando, ou não, à restrição. Desta forma, a minimização da operação de alocação foi alcançada, já que a solução retornada foi ótima e todas as restrições impostas puderam ser obedecidas.

Para a análise de sensibilidade, após se estabelecer que o número pretendido de permanência de postos abertos seria de seis, essa informação foi aplicada utilizando $P=6$, com e sem a restrição (5). O relaxamento da restrição (5) resultou

um espaçamento no território nacional, apresentando representantes nas regiões norte – PRVF07(Manaus) e PRVF 16(Belém), Sudeste – PRVF 01(Rio de Janeiro) e PRVF 15(São Paulo) e Nordeste – PRVF 09(Salvador) e PRVF 14(Natal).

Com a introdução da restrição (5), praticamente a mesma distribuição permanece, excluindo-se o PRVF 09 e a inclusão do PRVF 27.

Ao efetuar a rodada do modelo sendo o $p=28$ até $p=1$, encontrou-se um ponto de inflexão, cujo custo de operação é o mínimo. Para tanto, quando não se utilizou a restrição, $p=10$ apresentou a solução de menor custo, sugerindo que os postos apresentados na Tabela 10 deveriam ficar abertos. Já para o caso com a restrição $p=11$, obteve-se os dados constantes na Tabela 11, mostrando que a estrutura da loja fixa demanda investimento maior da administração para estruturar a operação.

5

Conclusão

Com ênfase na natureza ensaística deste estudo, é importante ressaltar que as conclusões apresentadas não são uma representação absoluta da realidade, mas sim, uma abordagem destinada a otimizar o processo de trocas de fardamento e, conseqüentemente, a redução de despesas.

O cerne desta dissertação está centrado na resposta da pergunta pesquisa e nos objetivos principal e secundário. Para responder a pergunta pesquisa foi alcançado o objetivo principal e secundário analisando-se o modelo proposto com o intuito de minimizar o custo de frete da logística reversa do *e-commerce* por meio da apresentação de uma metodologia destinada à minimização dos custos operacionais na implementação da logística reversa no contexto do comércio eletrônico.

Essa metodologia, primeiramente, determina qual é o PRVF mais adequado para o envio de produtos com base na localização do consumidor, atingindo assim o objetivo secundário. Em um segundo momento, realiza a análise de sensibilidade e a apresentação do ponto de inflexão, atingindo então o objetivo principal. O desenvolvimento, estudo e exposição dos resultados obtidos por meio da aplicação de uma variação do problema da p-Mediana, que inclui a introdução dos custos fixos da estrutura destacam a contribuição desta pesquisa no campo da pesquisa aplicada.

A relevância deste estudo transcende para o âmbito da administração pública, pois disponibiliza uma metodologia com o principal propósito de aliviar os gastos públicos por meio da minimização de custos. Além disso, oferece uma estrutura que associa cada localidade ao PRVF ideal para o envio de mercadorias que eventualmente precisem ser devolvidas.

Um ponto significativo é o resultado da proposta apresentada após a análise de sensibilidade. A estrutura com seis lojas abertas, que era um desejo da equipe do projeto, pode ser reconsiderada quando comparada ao ponto de inflexão identificado. Com base nos resultados obtidos, chegou-se à conclusão de que a escolha mais vantajosa para a administração é adotar o ponto de inflexão, visto que

o mesmo proporciona o menor custo para a manutenção de lojas abertas.

Diante do resultado apresentado, com o ponto de inflexão, foi possível responder à pergunta de pesquisa: qual a quantidade de postos que devem permanecer abertos mantendo o modelo menos custoso para Aeronáutica? A resposta alcançada foi a quantidade de 10 postos no modelo sem restrição e de 11, no modelo com a restrição.

Além das conclusões apresentadas, é fundamental enfatizar a necessidade de continuidade da pesquisa neste campo. Este estudo representa apenas um primeiro passo na otimização dos processos de logística reversa dentro da FAB, especialmente no contexto da administração pública e do comércio eletrônico. Portanto, existe um amplo espaço para pesquisas adicionais e aprofundadas.

Para incentivar a evolução desse tema, é imperativo que novos estudos sejam conduzidos explorando aspectos mais específicos e detalhados. Por exemplo, a análise da dinâmica sazonal das devoluções, a consideração de variáveis ambientais e logísticas, a implementação de tecnologias de rastreamento avançadas, a avaliação de estratégias de marketing reverso, que podem ser áreas de interesse para futuras investigações, e a avaliação do impacto da decisão em diferentes cenários.

Além disso, é crucial que novos pesquisadores sejam encorajados a se envolverem nesse campo promissor. O conhecimento gerado por essas pesquisas pode contribuir significativamente para a eficiência dos processos logísticos, a economia de recursos públicos e a redução do impacto ambiental, promovendo assim, uma administração mais eficaz e sustentável.

Portanto, este estudo serve como um ponto de partida para pesquisas subsequentes, visando o mesmo contribuir para o avanço da logística reversa e seu impacto positivo nas esferas pública e comercial.

Referências Bibliográficas

ABRAHAM, M. Curso de Direito Financeiro Brasileiro. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Ranking das Tarifas. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acesso em: 02 jan. 2019.

ALBAREDA-SAMBOLA, M.; MARTÍNEZ-MERINO, L. I.; RODRÍGUEZ-CHÍA, A. M. The stratified p-center problem. *Computers & Operations Research*, v. 108, p. 213-225, 2019.

ALIZADEH, R.; NISHI, T. Hybrid set covering and dynamic modular covering location problem: application to an emergency humanitarian logistics problem. *Applied sciences*, v. 10, n. 20, p. 7110, 2020.

ANDRADE, E.L. Introdução a Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ARENALES, M.N. et al. A new mathematical model for the cutting stock/leftover problem. *Pesquisa Operacional*, v. 35, p. 509-522, 2015.

BALLOU, R.H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BASTOS, C.R.; MARTINS, I.G. da S. Comentários à Constituição do Brasil. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2001, v. 6, t. II, p. 207

BEZANSON, J.; KARPINSKI, S.; HAH, V.; EDELMAN, A.; et al. O Manual de Julia. 2012-2013. Disponível em: https://julia-pt-br.readthedocs.io/pt_BR/latest/manual/introduction.html, Acesso em 20 dez. 2022.

BEZERRA FILHO, J.E. Orçamento aplicado ao setor público: abordagem simples e objetiva. São Paulo: Atlas, 2012.

BINENBOJM, G. Temas de Direito Administrativo e Constitucional. Rio de Janeiro: Renovar, 2008, p. 346.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 2 dez. 2022.

BRASIL. Decreto nº 11.237, de 18 de outubro de 2022. Aprova as Estruturas Regimentais e os Quadros Demonstrativos dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa e da Caixa de Financiamento Imobiliário da Aeronáutica e remaneja e transforma cargos em

comissão e funções de confiança. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11237.htm#art9. Acesso em: 02 dez. 2022

BRASIL. Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. Estatui Normas Gerais de Direito Financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4320.htm. Acesso em: 22 nov. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Código de Defesa do Consumidor. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 set. 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm. Acesso em: 22 nov. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Dispõe sobre as normas gerais de licitações e contratos administrativos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm. Acesso em: 5 nov. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, a modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10520.htm. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRASIL. Portaria Nº 1.838/GC3, de 21 de outubro de 2019. Dispõe sobre o Sistema de Provisões da Aeronáutica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2019. Disponível em: https://mdlegis.defesa.gov.br/norma_pdf/?NUM=86&ANO=2019&SER=A. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRASIL. Norma do sistema de provisões da Aeronáutica (NSCA 168-1), Brasil, 2019.

BRASIL. Norma do Sistema de subsistência do Comando da Aeronáutica (NSCA 145-1), Brasil, 2020.

BRASIL. Tabela de distribuição gratuita de materiais de intendência(TCA 168-2), Brasil, 2021.

BRASIL. Tabela De Distribuição Gratuita De Fardamento, Roupas Brancas E Roupas De Cama(TCA 168-1), Brasil, 2021.

BRASIL. Norma do sistema de fardamento reembolsável (NSCA 168-2), Brasil, 2021.

BRUNI, A L.; FAMÁ, R. Gestão de custos e formação de preços: com aplicação na calculadora HP 12C e Microsoft® Excel. São Paulo: Atlas, 2012.

CALVO, A. MARKS, H., Location of health care facilities: An analytical approach. Socio-Economic Planning Sciences, v.7, p. 407-422, 1973.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). Simulador de Consumo. Disponível em: <http://simuladordeconsumo.sabesp.com.br/>. Acesso em: 02 jan. 2023.

PORTAL DE COMPRAS DO GOVERNO FEDERAL. Consulta detalhada. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/consulta-detalhada>. Acesso em: 10 jan. 2023.

COOPER, L. Location-Allocation Problems, Operations Research v. 11, n. 3, p. 331-343, 1963.

CORREIOS. Correios. Disponível em: <https://www2.correios.com.br/sistemas/precosprazos/>. Acesso em: 07 set. 2022.

CORREIOS. Correios - Logística Reversa. Disponível em: <https://www.correios.com.br/enviar/encomendas/logistica-reversa>. Acesso em: 07 set. 2022.

COPPOLA, D. Estatísticas de Comércio Eletrônico - Participação do E-commerce no Varejo por Região. Statista. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1192717/ecommerce-share-of-retail-by-region/>. Acesso em: 14 ago. 2022.

COURANT, R.; ROBBINS, H. What is mathematics? Inglaterra: Oxford University press, 1974.

DASCI, A.; VERTER, V. A Continuous Model for Production-Distribution System Design. European Journal of Operational Research, v. 129, n. 2, p. 287-298, 2001.

DASKIN, M.S. Network and discrete location. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

Daskin, M.S.; DEAN, L. Location of health care facilities. Operations research and health care: A handbook of methods and applications, p. 43–76, 2004.

Daskin, M.S. What You Should Know About Location Modeling. Naval Research Logistics(NRL), v. 55, n. 4, p. 283-294, 2008.

DASKIN, M.S. Service science. John Wiley & Sons, 2011.

DE SOUSA, G.J.B. Livros brancos de defesa: realidade ou ficção? 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

DIAS, M.A.P. Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

DOS SANTOS, A.M.; RODRIGUES, I.A. Controle de estoque de Materiais com diferentes Padrões de demanda: estudo de Caso em uma indústria química. *Revista gestão e produção*, v. 13, p. 223-231, 2006.

DOWNS, J. et al. Optimizing arbovirus surveillance using risk mapping and coverage modelling. *Annals of GIS*, v. 26, n. 1, p. 13-23, 2020.

E. BELL, JOHN et al. Location optimization of strategic alert sites for homeland defense. *Omega*, v. 39, p. 151-158, 2011.

E-COMMERCE BRASIL. Infográfico: Um Pouco da História do E-commerce. E-commerce Brasil. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/infografico-um-pouco-da-historia-do-e-commerce/>. Acesso em: 14 ago. 2022.

E-COMMERCE BRASIL. Mercado: Aumento de 53% nas vendas no e-commerce da indústria anima mercado. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/aumento-vendas-e-commerce-da-industria>. Acesso em: 12 nov. 2022

ERDEBILLI, B.; ASLAN Ö. Selcen Gülsüm. Uncertainty management with an autonomous approach to fuzzy set-covering facility location models. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, n. Preprint, p. 1-14, 2022.

FERNANDES, F.J.M. et al. Compras Virtuais: Como a Logística tem se firmado como Componente Essencial para o comércio eletrônico? In: *Convibra Administração – Congresso Virtual Brasileiro de Administração*. 2011.

FLEURY, P. O Desafio Logístico no e-commerce. Disponível em: <http://www.ilos.com.br/web/o-desafio-logistico-do-e-commerce>. Acesso em: 14 ago. 2022.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). Site oficial. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/>. Acesso em: 9 set. 2022.

DA FONSECA, J.J.S. Apostila de metodologia da pesquisa científica. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

GIACOMONI, J. Orçamento público. 15.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H. P. L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. Elsevier, 2005.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GUERREIRO, A. S. Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de

Engenharia Industrial da PUC- Rio, RJ, 2006.

HAGHANI, A. Capacitated maximum covering location models: Formulations and solution procedures. *Journal of Advanced Transportation*, v. 30, n. 3, p. 101-136, 1996.

HAKIMI, S.L. (1964). "Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph"; *Operations Research*.

HOBED, R et al. Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação. *Production*, v. 20, p. 626-638, 2010.

HÜBNER, A.; WOLLENBURG, J.; HOLZAPFEL, A. Retail logistics in the transition from multi-channel to omni-channel. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 46, n. 6/7, p. 562-583, 2016.

KANNAN, G.; HAQ, A.N.; SASIKUMAR, P.; ARUNACHALAM, S. Analysis and Selection of Green Suppliers Using Interpretative Structural Modelling and Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Management and Decision Making*, v. 9, p. 163-182, 2008.

KARASAKAL, O.; KARASAKAL, E.K. A maximal covering location model in the presence of partial coverage. *Computers & Operations Research*, v. 31, n. 9, p. 1515-1526, 2004.

KARATAS, M.; YAKICI, E. An analysis of p-median location problem: effects of backup service level and demand assignment policy. *European Journal of Operational Research*, v. 272, n. 1, p. 207-218, 2019.

KARSU, Ö.; MORTON, A. Inequity averse optimisation in operational research. *European Journal of Operational Research*, v. 245, n. 2, p. 343-359, 2015.

KHAIR, A.; AFONSO, J.R.; OLIVEIRA, W. de. Lei de Responsabilidade Fiscal: os avanços e aperfeiçoamentos necessários. *Gasto público eficiente*, v. 91, p. 275-318, 2006.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisão (modelagem em Microsoft® Excel), Rio de Janeiro: Campus, 2004.

LEITE, P.R. Logística Reversa: Meio ambiente e Competitividade. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LEITE, P.R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LI, H. et al. Balanced maximal covering location problem and its application in bike-sharing. *International Journal of Production Economics*, v. 223, p. 107513, 2020.

LI, M. et al. Equalizing the spatial accessibility of emergency medical services in Shanghai: A trade-off perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, v.

92, p. 101745, 2022.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

MACEDO ND. Iniciação à pesquisa bibliográfica -guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa. São Paulo: Loyola; 1994

MARTINS, E. Contabilidade de Custos. São Paulo: Atlas, 2010.

MOTTA, P.R.D.M.; SCHMITT, V.G.H.; VASCONCELLOS, C.A.R. Desafios gerenciais em defesa. Editora FGV, 2017.

NEOTRUST. Empresa especialista em dados e inteligência sobre o e-commerce brasileiro. Disponível em: <https://neotrust.com.br/2022/04/08/com-pandemia-vendas-pela-internet-crescem-27-e-atingem-r-161-bi-em-2021/>. Acesso em: 10 dez. 2022

PERES, U.D.; SANTOS, F.P. Gasto público e desigualdade social: o orçamento do governo federal brasileiro entre 1995 e 2016. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 35, 2020.

PIRES, V.A. Orçamento público: abordagem tecnopolítica/ Valdemir Pires – São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.

PODER 360. O alerta de Pastore, escrevem Felipe Salto, Daniel Couri e Josué Pellegrini. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/opinioao/o-alerta-de-pastore-escrevem-felipe-salto-daniel-couri-e-josue-pellegrini/>. Acesso em: 06 jun. 2022.

REBOUÇAS, F. Gestão de estoque. Disponível em: http://www.infoescola.com/administracao/_gestao-de-estoque/. Acesso em 30.maio,2011.

REZENDE, F.A. Finanças Públicas. 2ª ed. São Paulo: Atlas, v. 8, p. 158-192, 2001.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. Going Backwards: Reverse Logistics trends and practices. Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

SACHAN, R.K.; KUSHWAHA, D.S. Solving the Uncapacitated Single Allocation p-Hub Location Problem with Fixed Cost Using Anti-Predatory NIA. Recent Advances in Computer Science and Communications (Formerly: Recent Patents on Computer Science), v. 14, n. 7, p. 2288-2299, 2021.

SALTO, F.; PELLEGRINI, J.; COURI, D. A PEC Emergencial, a PEC dos Fundos e a PEC do Pacto Federativo. Comentários da IFI, Brasília, DF, 2019. Disponível em :
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/564438/CI_04.pdf. Acesso em: 19 dez. 2022.

SANGWAN, K.S. Key Activities, Decision Variables and Performance Indicators of Reverse Logistics. Procedia CIRP, v. 61, p. 257-262, 2017.

SAYAH, D.; IRNICH, S. A new compact formulation for the discrete p-dispersion problem. *European Journal of Operational Research*, v. 256, n. 1, p. 62-67, 2017.

SCAPARRA, M.P.; CHURCH, R.L. Uma abordagem de solução exata para problema da mediana de interdição com fortificação. *European Journal of Operational Research*, 2008.

SCHILLING, D.A.; REVELLE, C.; COHON, J.; ELZINGA, D. Some models for fire protection locational decisions. *European Journal of Operational Research*, 1980.

SILVA, J.A. Curso de direito constitucional positivo. São Paulo: Malheiros Editores, 2007.

SOUSA, Gustavo José Baracho de. Livros brancos de defesa: realidade ou ficção? 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

STATISTA. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1192717/ecommerce-share-of-retail-by-region/>. Acessado em: 10 dez. 2022.

SUN, X.; YU, H.; SOLVANG, W.D. Solving the location problem of printers in a university campus using p-median location model and AnyLogic simulation. In: *Advanced Manufacturing and Automation IX 9th*. Springer Singapore, 2020. p. 577-584.

TADIĆ, S. et al. Locating Collection and Delivery Points Using the p-Median Location Problem. *Logistics*, v. 7, n. 1, p. 10, 2023.

TANSEL, B.C.; FRANCIS, R.L.; LOWE, T.J. State of the art—location on networks: a survey. Part I: the p-center and p-median problems. *Management science*, v. 29, n. 4, p. 482-497, 1983.

CALIK, H.; TANSEL, B.C. Double bound method for solving the p-center location problem. *Computers & operations research*, v. 40, n. 12, p. 2991-2999, 2013.

VTEX. Disponível em: https://help.vtex.com/tutorial/understanding-the-cubic-weight-factor--tutorials_128. Acesso em: 10 jan. 2023.

YANG, P.; LUO, W. Approximation Algorithm for the k-Product Uncapacitated Facility Location Problem with Penalties. *Journal of the Operations Research Society of China*, p. 1-10, 2023.

YANG, Y.; RAJGOPAL, J. Learning Combined Set Covering and Traveling Salesman Problem. *arXiv preprint arXiv:2007.03203*, 2020.

YIN, R.K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZENNARO, I. et al. Implementing E-commerce from logistic perspective: Literature review and methodological framework. *Sustainability*, v. 14, n. 2, p. 911, 2022.

ZETINA, C.A.; CONTRERAS, Ivan; CORDEAU, Jean-François. Exact algorithms based on Benders decomposition for multicommodity uncapacitated fixed-charge network design. *Computers & Operations Research*, v. 111, p. 311-324, 2019.

ZHONG, Q. et al. A multiobjective optimization model for locating affordable housing investments while maximizing accessibility to jobs by public transportation. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, v. 46, n. 3, p. 490-510, 2019.

ZHOU, M.; et al. Modeling and simulation of crowd evacuation with signs at subway platform: A case study of beijing subway stations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 23, n. 2, p. 1492-1504, 2020.