

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

THIAGO DE SOUZA BORGES ORDENO

**Modelo de localização para banco de alimentos temporário em situações de
desastres de início súbito no estado do Paraná**

Maringá
2021

THIAGO DE SOUZA BORGES ORDENO

Modelo de localização para banco de alimentos temporário em situações de desastres de início súbito no estado do Paraná

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

Orientador(a): Profa. Dra. Márcia Marcondes Altimari Samed

Maringá
2021

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

O65m

Ordeno, Thiago de Souza Borges

Modelo de localização para banco de alimentos temporário em situações de desastres de início súbito no estado do Paraná / Thiago de Souza Borges Ordeno. -- Maringá, PR, 2021.

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

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Marcondes Altimari Samed.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2021.

1. Logística. 2. Logística humanitária. 3. Banco de alimentos. 4. Problema de localização. I. Samed, Márcia Marcondes Altimari, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDD 23.ed. 658.5

FOLHA DE APROVAÇÃO

THIAGO DE SOUZA BORGES ORDENO

Modelo de localização para banco de alimentos temporário em situações de desastres de início súbito no estado do Paraná

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

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Márcia Marcondes Altimari Samed (Orientadora)
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Prof. Dr. Ademir Aparecido Constantino
Universidade Estadual de Maringá – DIN/UEM



Profa. Dra. Daiane Maria de Genaro Chioli
Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UTFPR

Aprovada em: 15 de abril de 2021.

Local da defesa: <https://meet.google.com/ndq-mdoa-qqs>

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha inspiração, minha deusa, minha musa, minha avó, Palmira, que está cuidando de mim há dois anos de outro plano e à Professora Dani que além de ser uma ótima profissional, é um ser humano incrível que sou muito grato pela oportunidade de ter a conhecido.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a minha vó Palmira por todo amor incondicional, por ter dedicado parte da vida dela para iluminar a minha e por me incentivar a continuar estudando.

Ao meu pai, José Carlos Ordeno, pelo incentivo ao estudo desde pequeno, por ter me ensinado o valor do trabalho, por ter resistido a tudo que a gente passou juntos e pela ajuda durante o mestrado, sem você nada disso seria possível.

Ao meu amor, Pedro, pelo apoio durante os últimos anos, pela paciência, companheirismo e incentivo durante todas as fases do mestrado.

Aos meus irmãos, Junior e Caíque, por todo o companheirismo durante a vida e me ajudarem a resistir a tudo que era jogado sobre a gente, quando não sabíamos quem éramos.

A todas as minhas tias que em momentos diferentes da minha vida acabaram ajudando em toda minha jornada. Em especial a minha madrinha Tia Elza, que me ajudou e continua ajudando não como tia, mas como uma amiga.

À minha prima Priscila que me mostrou como ser forte e guerreira diante de todas as dificuldades da vida e hoje está lutando na linha de frente da pandemia.

Ao meu afilhado, José Henrique, que espero que possa servir de inspiração de alguma forma.

A todos os familiares e amigos que me deram energia positiva durante toda minha vida.

As duas instituições que eu passei UFPE e CEFET, por ter me passado conhecimento para ser o melhor Engenheiro de Produção, dentro das minhas limitações.

À UEM pela oportunidade de (re) começar a minha carreira acadêmica. Em especial a Professora Márcia Samed, pelas noites mal dormidas que valeram a pena e por acreditar em mim deste o começo, sou muito grato por ter uma orientadora tão inspiradora.

À Elisandra e aos professores do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção que resistem apesar dos tempos nebulosos, dando o melhor de si e tentando fazer ciência em um lugar que ela é tão desvalorizada.

Aos professores, Ademir Constantino e Daiane Maria Chiroli, pela disposição e comprometimento na leitura e as valiosas contribuições ao trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro durante esses tempos políticos e sociais difíceis que parecem um pesadelo e que ao depender do governo atual não irão passar tão rápido.

EPÍGRAFE

“Sometimes the future changes quickly and completely, and we’re left only with the choice of what to do next. We can choose to be afraid of it, to stand there trebling, not move, assuming the worst that can happen. Or we step forward into the unknown and assume it will be brilliant”

(CRISTINA YANG)

Modelo de localização para banco de alimentos temporário em situações de desastres de início súbito no estado do Paraná

RESUMO

Os desastres com consequências humanitárias se tornaram frequentes no mundo atual, devido à grande concentração das populações em áreas de risco, da falta de infraestrutura para mitigar os riscos e da falta de preparação para operações logísticas eficientes e eficazes para levar alívio às pessoas atingidas por desastre. Os desastres de início súbito apresentam complexidades na gestão de operações logísticas, pois exigem resposta imediata e, muitas vezes, não permitem tempo para preparação. Após desastres de início súbito, famílias ficam desalojadas e com dificuldades econômicas de acesso a alimentos na quantidade e qualidade necessárias para garantir a segurança alimentar. Nessas situações, os bancos de alimentos ajudam a promover esforços na assistência alimentar das famílias atingidas por desastres, configurando resiliência de curto prazo. Neste contexto, a presente dissertação desenvolve um modelo de otimização para determinar a localização de um (ou mais) banco de alimentos (BA) de caráter temporário, considerando a cadeia de suprimentos humanitária em caso de desastres de início súbito no estado do Paraná. O histórico de desastres no estado do Paraná foi estudado e, com auxílio de dados estatísticos, a região de Ponta Grossa foi definida como o foco desta pesquisa, por apresentar maior número de pessoas afetadas e ocorrências de desastres no período de 2014 até 2019. Dez cidades desta região foram definidas como as cidades candidatas e pontos de distribuição do BA. As unidades integrantes do programa SESC Mesa Brasil do estado do Paraná foram definidas como doadores do BA, sendo selecionadas 7 unidades localizadas em cidades diferentes. Com base nesses dados, foram desenvolvidos 3 modelos de localização que otimizam o tempo de deslocamento das doações entre os doadores e o(s) BA e entre o(s) BA e os pontos de distribuição. O modelo de Davis *et al.* (2014) foi adaptado para construção dos modelos de localização. Assim, os modelos desenvolvidos buscam definir a localização de um (ou mais) BA, tal que a somatória do tempo médio dos deslocamentos ao longo de toda a cadeia de suprimentos seja mínima. O Modelo 3 engloba os outros modelos, levando em consideração restrições como a capacidade dos doadores e a demanda dos pontos de distribuição com o acréscimo de uma variável que resulta na quantidade doada por doador. Alguns cenários foram analisados e quando o modelo é limitado para a instalação de apenas um BA, a cidade de Imbituva aparece sendo a melhor opção. No entanto, o cenário ótimo convergiu para a instalação de 5 BA, localizados em cidades distintas. A partir do exposto, são evidentes as contribuições desta dissertação aos conhecimentos científicos sobre localização na cadeia de suprimentos humanitária, na gestão de riscos e de desastres e na segurança alimentar.

Palavras-chave: Logística Humanitária; Banco de Alimentos; Problema de Localização.

Location model for temporary food bank in sudden-onset disaster situations in the state of Paraná

ABSTRACT

Disasters with humanitarian consequences occur in today's world, due to the large concentration of populations in areas at risk, the lack of infrastructure to mitigate risks and the lack of preparation for efficient and effective logistical operations to bring relief to people affected by disasters. Sudden onset disasters present complexities in the management of logistical operations, since the immediate response and, many times, do not allow time for preparation. After sudden onset disasters, families are left homeless and unable to access food in the quantity and quality necessary to ensure food security. In these cases, the Food Banks help to promote efforts in food assistance for families affected by disasters, configuring short-term resilience. In this context, the present dissertation is an optimization model to determine the location of one (or more) temporary Food Bank (FB), considering a humanitarian supply chain in case of sudden onset disasters in the state of Paraná. The history of disasters in the state of Paraná was studied and, with the aid of statistical data, a region of Ponta Grossa was defined as the focus of this research, as it presents a greater number of people affected and occurrences of disasters in the period from 2014 to 2019. Ten cities in this region were defined as candidate cities and distribution points in FA. The units of the SESC Mesa Brasil program in the state of Paraná were defined as donors from FB, with seven units in different cities. Based on data, 3 location models were developed that optimize the travel time of donations between donors and FBs and between FBs and distribution points. The model by Davis et al. (2014) was adapted to build the location models. Thus, the developed models seek to define the location of one (or more) FB, such that the sum of the average travel time along the entire supply chain is minimal. Model 3 encompasses the others models, taking into account restrictions such as donors capacity and demand from distribution points with the addition of a variable that results in the amount donated per donor. Some scenarios are analyzed and when the model is limited to the installation of just one FB, the city of Imbituva appears to be the best option. However, the optimum scenario converged to the installation of five FBs, located in different cities. With that, there is evidence as contributions of this dissertation to scientific knowledge about the location in the humanitarian supply chain, in risk and disaster management and in food security.

Keywords: Humanitarian Logistics; Food Bank; Location Problem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitação da Pesquisa	16
Figura 2 - Espaço humanitário.....	19
Figura 3 - Classificação dos desastres	20
Figura 4 - Gestão de riscos e de desastres	21
Figura 5 - Modelo conceitual de integração dos <i>stakeholders</i> em operações humanitárias.....	23
Figura 6 - Modelo Americano de BA.....	26
Figura 7 - Protocolo de pesquisa	34
Figura 8 - Expressões de busca	35
Figura 9 - Comparação entre as publicações antes e depois de 2010.....	36
Figura 10 - Resultado da pesquisa com as expressões de busca	37
Figura 11 - Número de artigos por ano.....	40
Figura 12 - Fluxograma da pesquisa	46
Figura 13 - Pontos considerados no modelo.....	48
Figura 14 - Pesquisa de relatório de ocorrências	50
Figura 15 - Exemplo da planilha de dados de desastre desenvolvida	50
Figura 16 - Mapa com as sedes do Mesa Brasil SESC Paraná.....	55
Figura 17 - Gráfico do número de pessoas afetada e ocorrências por ano	56
Figura 18 - Gráfico do número de pessoas afetadas e ocorrência por tipo de desastre	57
Figura 19 - Gráfico do número de pessoas afetadas e ocorrência por CORPDEC	58
Figura 20 - Mapa da divisão da defesa civil com destaque para a 2ª CORPDEC.....	59
Figura 21 - Localização das 10 cidades com maior ocorrência de desastres da 2ª CORPDEC.....	61
Figura 22 - Mapa do Modelo 1	70
Figura 23 - Mapa do Modelo 2, para $P = 1$	74
Figura 24 - Mapa do Modelo 2, sem restrição de P	76
Figura 25 - Configuração da cadeia de assistência humanitária para $P = 1$	81
Figura 26 - Configuração da cadeia de assistência humanitária para P livre	85
Figura 27 - Cidades definidas pelo Modelo 3 de $P = 1$ até $P = 7$	86
Figura 28 - Mapa com a localização das cidades e doadores	87
Figura 29 - Número de instalações em função da função objetivo em minutos.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de artigos por periódicos	38
Tabela 2 - Número de artigos por país	39
Tabela 3 - Número de artigos por autor.....	40
Tabela 4 - Artigos selecionados para análise.....	41
Tabela 5 - Regiões com maior número de pessoas afetadas por desastres início súbito.....	58
Tabela 6 - 10 cidades com maior número de pessoas afetadas e ocorrências de desastres (2ª CORPDEC - Ponta Grossa).....	60
Tabela 7 - Dados de entrada do modelo de localização	62
Tabela 8 - Demanda por ponto de distribuição.....	63
Tabela 9 - Doadores, cidades candidatas e pontos de distribuição.....	64
Tabela 10 - Tempo mínimo total para cada instalação candidata.....	82
Tabela 11 - Doadores escolhidos por cada instalação	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz de Conhecimentos.....	44
Quadro 2 - Dados para o Modelo de Localização	51
Quadro 3 - Resultados Modelo 1	68
Quadro 4 - Tempo Modelo 1	69
Quadro 5 - Resultados do Modelo 2, para $P = 1$	73
Quadro 6 - Tempo Modelo 2, $P = 1$	73
Quadro 7 - Resultados do Modelo 2, sem restrição de P	75
Quadro 8 - Tempo Modelo 2, sem restrição de P	76
Quadro 9 - Resultados do Modelo 3, para $P = 1$	79
Quadro 10 - Resultados do Modelo 3, sem restrição de P	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA	Banco de Alimentos
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
CEDEC/PR	Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
COORPDEC	Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil
GRD	Gestão de Risco e de Desastres
JHLSCM	<i>Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management</i>
LH	Logística Humanitária
PL	Problema de Localização
PO	Pesquisa Operacional
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
SEPS	<i>Socio-Economic Planning Sciences</i>
SESC	Serviço Social do Comércio
SISDC	Sistema Informatizado de Defesa Civil

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2 OBJETIVO	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA	18
2.1.1 Gestão de riscos e de desastres	20
2.1.2 Cadeia de suprimento para assistência humanitária	23
2.2 INSEGURANÇA ALIMENTAR E BANCO DE ALIMENTOS	25
2.3 PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA HUMANITÁRIA	27
2.3.1 Problema de Localização	27
2.3.1.1 Modelos para o Problema de Localização	28
2.3.1.1.1 Problema de P-medianas	28
2.3.1.1.2 Problema de Cobertura de Conjuntos	29
2.3.1.1.3 Problema de P-centros	30
2.4 RESUMO DO CAPÍTULO	31
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	33
3.1 PROTOCOLO DE PESQUISA	33
3.2 EXPRESSÃO DE BUSCA	35
3.3 ANÁLISE QUANTITATIVA	38
3.4 ANÁLISE DO ARTIGO DE DAVIS <i>et al.</i> (2014)	41
3.5 RESUMO DO CAPÍTULO	43
METODOLOGIA	45
4.1 FLUXOGRAMA DA PESQUISA	46
4.2 CONSIDERAÇÕES PARA OS MODELOS	47
4.3 COLETA DE DADOS	49
4.3.1 Sistema informatizado da Defesa Civil do Paraná	49
4.3.2 Dados para o modelo de localização	51

4.4 RESUMO DO CAPÍTULO	53
ESTUDO DE CASO	54
5.1 PROGRAMA MESA BRASIL SESC PARANÁ	54
5.2 PANORAMA DE DESASTRES NO ESTADO DO PARANÁ.....	56
5.3 DADOS DE ENTRADA	61
5.4 RESUMO DO CAPÍTULO	63
MODELO DE LOCALIZAÇÃO PARA BANCO DE ALIMENTOS TEMPORÁRIO..	65
6.1 MODELO DE LOCALIZAÇÃO	65
6.1.1 Modelo 1.....	66
<i>6.1.1.1 Resultados do Modelo 1</i>	<i>68</i>
6.1.2 Modelo 2.....	70
<i>6.1.2.1 Resultados do Modelo 2</i>	<i>72</i>
6.1.3 Modelo 3.....	77
<i>6.1.3.1 Resultados do Modelo 3</i>	<i>78</i>
6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	80
6.2.1 Análise dos resultados para $P = 1$	80
6.2.2 Análise das instalações candidatas	82
6.2.3 Análise dos resultados para P sem restrição.....	84
6.2.4 Análise do número de instalações	86
6.3 RESUMO DO CAPÍTULO	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE A - DADOS DE ENTRADA DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO	98
APÊNDICE B - RESULTADOS VARIANDO O VALOR DE P.....	100
APÊNDICE C - RESULTADOS VARIANDO AS LOCALIZAÇÕES CANDIDATAS	104

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os elementos iniciais da pesquisa: contextualização, objetivo geral e específico, justificativa e delimitação da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O estado do Paraná é localizado na região sul do Brasil e possui 399 municípios, divididos em quase 200 mil quilômetros quadrados de extensão territorial, com uma população de aproximadamente 11,3 milhões, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Há, na história do estado do Paraná, o registro de alguns grandes desastres naturais, desastres provocados pelo homem e crises epidemiológicas. Dentre estes, destacam-se: incêndio florestal de 1963, geada negra de 1975, enchente de União da Vitória de 1983, explosão do navio Vicuña de 2004, águas de março de 2011 e, pandemia da COVID-19 em 2020. O Sistema Informatizado de Defesa Civil do estado do Paraná (SISDC, 2020) relata que, no período de 2004 até 2019, houve mais de 6 mil ocorrências de desastres e 11 milhões de pessoas afetadas por eles. Os desastres com início súbito, no mesmo período, afetaram mais de 7 milhões de pessoas no estado do Paraná.

Samed e Gonçalves (2017) classificam os desastres em distintas categorias de acordo com suas respectivas causas associadas à probabilidade e velocidade de ocorrência.

Calamidades e ações destrutivas são desastres de início súbito e se diferenciam por serem originados pela natureza ou causados pelos homens.

A assistência humanitária às pessoas atingidas por desastres e emergências complexas requer ações que devem ser projetadas, considerando a logística como elemento central. Deste modo, desenvolve-se a Logística Humanitária (LH) que, de acordo com Thomas (2005), consiste no “processo de planejamento, implementação e controle eficiente, custo eficiente, fluxo e armazenagem de bens e materiais, bem como informação, desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as necessidades dos beneficiários”.

No âmbito da cadeia de suprimentos, os desastres e emergências complexas de início súbito podem ocasionar danos para a agricultura e a pecuária, podem atingir estabelecimentos comerciais, deteriorar alimentos armazenados e, dessa forma, interromper o abastecimento de alimentos. No âmbito social, os desastres e emergências complexas de início súbito contribuem para o aumento da pobreza, dificultam o acesso a alimentos nutritivos e de boa qualidade e colocam pessoas vulneráveis na dependência de doações de alimentos para sua subsistência.

Neste cenário, os Banco de Alimentos (BA) são considerados instituições que desenvolvem a LH, atuando como intermediários entre recursos alimentares e pessoas em situação de vulnerabilidade. Os BA ajudam a promover a segurança alimentar, garantir a assistência humanitária imediata, assegurar a contínua disponibilidade de alimentos de qualidade e contribuir para o restabelecimento da resiliência alimentar após o desastre.

Nesse contexto, técnicas analíticas são ferramentas importantes para o processo de tomada de decisão em sistemas de LH. A Pesquisa Operacional (PO) consiste em um conjunto de ferramentas para uma melhor tomada de decisão sobre problemas e, conseqüentemente, na Logística Humanitária melhora o desempenho da resposta aos desastres (NIKBAKSH; FARAHANI, 2011). A parte teórica contemplada pela PO é denominada de Problema de Localização (PL).

O Problema de Localização (PL) ou Localização de Instalações é um ramo da logística que pode ser tratado por meio de métodos da Pesquisa Operacional. Algumas áreas de aplicação incluem instalações públicas, privadas, ambiente militar, negócios, em que instalações podem representar hospitais, centros de distribuição, novas unidades industriais, escolas, apenas para citar alguns exemplos.

O PL é utilizado para apoiar o processo de tomada de decisão acerca da definição da localização de instalações. Os modelos tradicionais levam em consideração a distância ou tempo entre as possíveis localizações e locais de demanda. Na LH podem ser considerados outros fatores, como: a incerteza de demanda, densidade populacional e tipos de transporte. As

instalações, na LH, podem ser depósitos de suprimentos temporários e fixos, hospitais temporários, abrigos temporários, entre outros. (CAUNHYE *et al*, 2012).

Para guiar o desenvolvimento da pesquisa científica desenvolvida nesta dissertação, definiu-se a questão problema com o objetivo de contribuir para a definição de modelos e métodos a serem adotados, bem como para permitir a análise de variáveis, suas relações e consequências. Assim, a questão problema consiste em definir:

- Qual a melhor localização dos *stakeholders* (doadores, banco de alimentos e pontos de distribuição) da cadeia de suprimentos humanitária na ocorrência de um desastre de início súbito no estado do Paraná, considerando-se o suprimento no menor tempo possível?

1.2 OBJETIVO

A seguir são apresentados o objetivo geral e os específicos.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação de mestrado consiste em desenvolver um modelo de otimização para determinar a localização um (ou mais) Banco de Alimentos de caráter temporário, considerando seus doadores e beneficiários em caso de desastres de início súbito no estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos específicos

O objetivo geral foi segmentado em objetivos específicos, conforme segue:

- i. Examinar o panorama atual de desastres no estado do Paraná;
- ii. Identificar a região do estado do Paraná com o maior histórico de ocorrências de desastre de início súbito e maior número de pessoas atingidas.
- iii. Definir a configuração da cadeia de assistência humanitária para a região selecionada;
- iv. Modelar e implementar o problema de localização para o contexto de BA temporário;
- v. Analisar os resultados e diferentes cenários gerados pelos modelos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Desastres de início súbito exigem respostas rápidas, eficazes e eficientes para garantir o

atendimento do maior número de pessoas possível, no local necessário e no menor tempo possível. Dentre as muitas decisões a serem tomadas na etapa de resposta, uma delas diz respeito à garantia da segurança alimentar da população atingida pelo desastre de início súbito. Esses desastres, em sua maioria, deixam pessoas desabrigadas, desalojadas e em situação de vulnerabilidade social e alimentar. Para isso, é necessário que estudos de localização sejam realizados na fase de preparação (SAMMED; GONÇALVES, 2017). Deste modo, os resultados desta pesquisa devem contribuir diretamente para a sociedade, para o poder público, bem como para a comunidade científica.

Esta dissertação se justifica no âmbito social, considerando que visa aliviar o sofrimento de vítimas de desastres e garantir o acesso a alimentos nutritivos de boa qualidade, bem como a continuidade da disponibilidade de alimentos.

No âmbito político, esta dissertação se justifica por auxiliar a tomada de decisão dos gestores municipais e do estado do Paraná na definição de políticas de assistência humanitária. Com a formação de cenários, a dissertação desenvolve alternativas que podem colaborar com a criação de planos estratégicos, mais focados e parametrizados, podendo aumentar a resiliência e reduzindo as incertezas.

Do ponto de vista científico, esta dissertação se justifica na aplicação de um modelo de localização adaptado da literatura científica para a cadeia de assistência humanitária no estado do Paraná. Ainda neste ponto de vista, foi observado durante a revisão sistemática que existe uma escassez de trabalhos que aplicam o problema de localização na LH e/ou BA.

É importante destacar que a dissertação se encontra dentro contexto da Logística, no subitem de Logística Humanitária de acordo Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2021).

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida considerando-se o cenário do estado do Paraná, utilizando-se dados de desastres provenientes da Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC/PR). Foram considerados somente os desastres de início súbito, com destaque para: vendavais, enxurradas, deslizamentos, chuvas intensas e chuvas de granizo.

A cadeia de assistência humanitária definida nesta pesquisa possui a seguinte delimitação: Suprimento, Banco de Alimentos e Pontos de Distribuição.

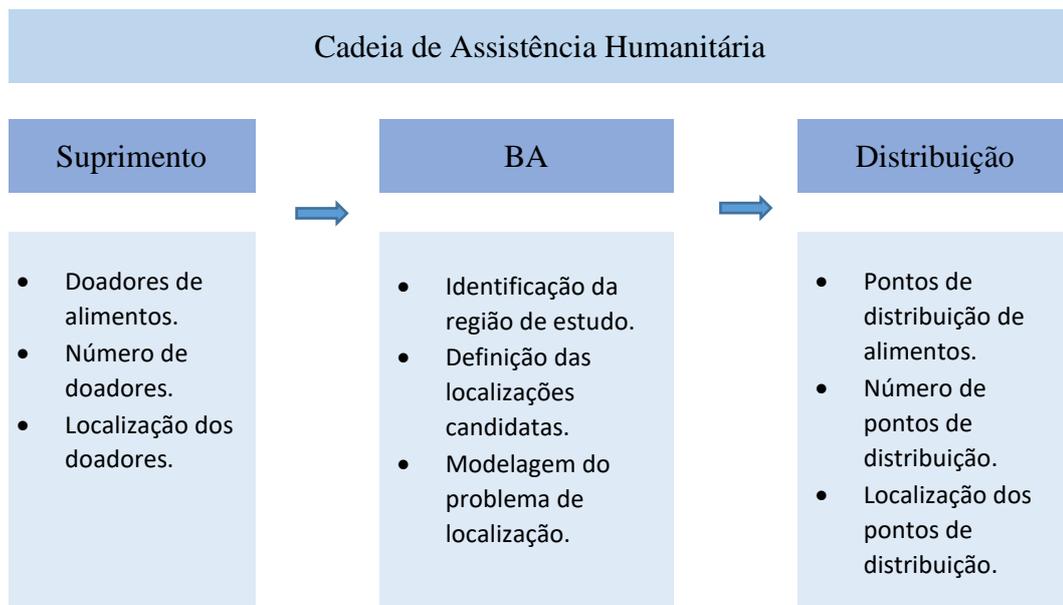
- **Suprimento:** o primeiro elo da cadeia de suprimento para assistência humanitária. Consiste na definição dos doadores de alimentos. Nesta pesquisa, definiu-se como

doadores as unidades participantes do programa SESC Mesa Brasil, que possui sete (7) sedes no Paraná.

- **Banco de Alimentos:** atua como intermediário entre os doadores e os beneficiários. O BA possui caráter temporário e terá a função de integrar as doações aos beneficiários. Também são funções atribuídas ao BA a consolidação da demanda dos beneficiários e a identificação dos doadores que podem atender essa demanda. No BA, ocorre o recebimento das doações e a posterior montagem de kits contendo alimentos, os quais são distribuídos para pessoas atingidas por desastres de início súbito. Após a montagem, os kits são transportados para os pontos de distribuição. O BA temporário não terá a função de armazenar alimentos, nem servirá como ponto de atendimento direto aos beneficiários.
- **Pontos de Distribuição:** constituem o último elo da cadeia de assistência humanitária. Para a definição dos Pontos de Distribuição foram consideradas as localidades que, historicamente, foram mais atingidas por desastres de início súbito e que tiveram o maior número de pessoas afetadas.

A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, os elementos que delimitam esta pesquisa.

Figura 1 - Delimitação da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta forma, o modelo proposto nesta pesquisa contempla os elementos delimitadores e a literatura sobre problemas de localização.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da Dissertação está dividida em sete capítulos. O capítulo 1 apresentou a introdução, composta pela apresentação do problema relacionado ao tema da dissertação, seus objetivos, as justificativas do ponto de vista social, político e científico e, por fim, a delimitação da pesquisa. O capítulo 2 introduz os conceitos fundamentais para desenvolvimento da Dissertação, são eles: Logística Humanitária, Banco de Alimentos e Problema de Localização. O capítulo 3 apresenta a revisão bibliográfica sistemática, baseada na Logística Humanitária e Banco de Alimentos com aplicações de Problema de Localização. O capítulo 4 desenvolve a metodologia, as considerações e a coleta de dados utilizada na Dissertação. O capítulo 5 apresenta o Programa SESC Mesa Brasil, os dados de desastres no Paraná e os dados de entrada para o modelo de localização. O capítulo 6 apresenta os modelos de localização, a implementação dos modelos, os respectivos resultados e suas análises. O capítulo 7 descreve as considerações finais da dissertação.

REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão de literatura narrativa, a qual é desenvolvida sob o ponto de vista teórico e conceitual, tendo como base diferentes fontes, como livros, artigos publicados (de forma impressa ou digital), entre outros. O objetivo dessa revisão é promover a sustentação teórica para alicerçar o desenvolvimento desta pesquisa. Ao final, propõe-se um estudo comparativo e uma análise crítica acerca das interpretações dos fundamentos apresentados pelos autores.

2.1 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

A LH é definida, segundo a *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (IFRC, 2020), da seguinte maneira:

[...] consiste em processos e sistemas envolvidos na mobilização de pessoas, recursos e conhecimento para ajudar comunidades vulneráveis afetadas por desastres naturais ou emergências complexas. A LH busca a pronta resposta, visando atender o maior número de pessoas, evitar a falta e o desperdício, organizar diversas doações e, principalmente, atuar dentro de um orçamento limitado.

Van Wassenhove (2006) já havia afirmado que a logística, no contexto das causas humanitárias, consiste no conjunto de processos e sistemas envolvidos para mobilização de pessoas, recursos, habilidades e conhecimentos para ajudar pessoas vulneráveis afetadas por desastres. Além disso, algumas organizações como *World Food Program* (WFP) e *Medicines*

Sans Frontiers (MSF) definem a LH de forma similar à logística empresarial, com a alteração do foco no beneficiário final, que na LH são as pessoas em situação de vulnerabilidade (APTE, 2010).

Apte (2010) destaca que a LH tem três princípios que devem ser respeitados durante toda operação humanitária. São eles: humanidade, neutralidade e imparcialidade. Os três princípios são denominados de espaço humanitário, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Espaço humanitário



Fonte: (TOMASINI; VAN WASSENHOVE, 2009)

O princípio da humanidade pressupõe que todo o sofrimento humano deve ser aliviado, não importa onde ele se encontre. Por sua vez, neutralidade presume que o alívio deve ser provido sem qualquer viés ou tomada de partidos. Já a imparcialidade, por sua vez, indica que a assistência humanitária deve ser realizada sem discriminação e com prioridade para casos mais urgentes (TOMASINI; VAN WASSENHOVE, 2009).

Além dos princípios humanitários, a LH possui algumas características que a distingue da Logística Empresarial. Segundo Balcik e Beamon (2008), existem algumas diferenças quanto aos objetivos estratégicos, características do consumidor e da demanda e fatores ambientais. Os autores ainda sintetizam algumas características que dão uma complexidade maior a LH. São elas:

- Imprevisibilidade da demanda, referente ao tempo, localização, tipo e tamanho;
- Demanda imediata em grande quantidade, em um pequeno período de tempo e com uma vasta diversidade de suprimentos;
- Altos riscos associados com uma entrega adequada e pontual; e
- Escassez de recursos, como suprimentos, pessoas, tecnologia, capacidade de transporte e dinheiro.

Tomasini e Van Wassenhove (2009) acrescentam ainda, como característica da LH, o ambiente politizado, pois as operações humanitárias são altamente políticas, desde doações até a distribuição dos recursos. Neste contexto, tornam-se complexas a manutenção e a proteção do espaço humanitário, principalmente, em relação à prestação do socorro com neutralidade e imparcialidade.

2.1.1 Gestão de riscos e de desastres

Para compreender a aplicabilidade da LH, torna-se importante definir dois conceitos importantes: Risco e Desastre.

É a partir do contexto de ameaças e vulnerabilidades que, conforme afirmam Lima *et al.* (2017), surge a necessidade da gestão de riscos, caracterizada pelas ações preventivas, mitigatórias e de preparação.

De acordo com a IFRC (2020), desastre pode ser definido como um evento repentino e calamitoso, cujas consequências interrompem ou dificultam o normal funcionamento de uma comunidade. Além disso, o desastre tem o potencial de causar perdas humanas, materiais, econômicas e/ou ambientais que excedem a capacidade da comunidade responder com os seus próprios recursos.

Desastres podem ser classificados de acordo com as causas associadas a eles e com a velocidade de suas ocorrências. Dessa forma, as causas de um desastre podem ser provocadas pela ação humana ou ter origens naturais. De acordo com a velocidade, os desastres podem ser classificados como sendo de início súbito ou lento (SAMED; GONÇALVES, 2017).

A Figura 3 apresenta um quadro com exemplos de cada classificação de desastre.

Figura 3 - Classificação dos desastres

	Natural	Provocado pelo homem
Início Súbito	Terremoto Furacão Tornado	Ataque terrorista Rompimento de barragem Vazamento Químico
Início Lento	Seca Epidemia	Crise política Crise dos Refugiados

Fonte: (VAN WASSENHOVE, 2006)

Os desastres apresentam quatro classificações, de acordo com Samed e Gonçalves (2017), são elas:

- Início súbito e origens naturais: terremotos, furações, tornados, tsunamis, erupção de vulcões, ciclones, tempestades, inundações, etc.
- Início súbito e provocados pelo homem: ataques terroristas, rompimentos de barragens, incêndios estruturais, acidentes químicos, biológicos e nucleares, etc;
- Início lento e origem natural: pragas, epidemias, pandemias, seca, fome, etc;
- Início lento e provocadas pelo homem, assim como: crise política e crise dos refugiados.

Desastres, por serem eventos não facilmente administráveis por procedimentos rotineiros, têm uma necessidade de envolvimento de entidades, como órgãos governamentais, setores privados, agências humanitárias e sociedade (BERTAZZO *et al.*, 2013).

O desempenho das ações de socorro, de assistência (resposta) e de recuperação, está diretamente relacionado com a integração do processo de Gestão de Riscos e de Desastres (GRD), incluindo a elaboração dos planos de contingência de acordo com a avaliação dos riscos e sua avaliação através da realização, os simulados de preparação para resposta e recuperação (LIMA *et al.*, 2017).

O ciclo da GRD apresentado na Figura 4 é dividido em fases. Tomasini e Van Wassenhove (2009) e Altay e Green (2006) classificaram as quatro fases do ciclo de GRD em: mitigação, preparação, resposta e recuperação.

Figura 4 - Gestão de riscos e de desastres



Fonte: (TOMASINI; VAN WASSENHOVE, 2009)

A fase de mitigação é uma etapa pré-desastre e suas tarefas incluem prever e analisar os riscos e desenvolver planos de ação, impedindo o começo de um desastre ou reduzindo impactos caso ele ocorra (ALTAY; GREEN, 2006). Conforme Tomasini e Van Wassenhove (2009), a mitigação aborda mecanismos que reduzem a vulnerabilidade da população e aumentam sua resiliência, como leis que impedem construção em áreas propensas a desastre.

Para Jahre *et al.* (2016), a fase de preparação pode ser definida como a implementação de processos, estruturas e sistemas que conectam a comunidade local, atores nacionais e internacionais, projetando, planejando e treinando para uma mobilização eficiente, eficaz e responsiva de recursos materiais, financeiros, humanos e informacionais, quando e onde for necessário. Isso engloba uma série de atividades, incluindo avaliação de necessidades, aquisição, armazenamento, transporte e distribuição, gestão de resíduos e medição de desempenho com o objetivo de aliviar o sofrimento das pessoas vulneráveis. Nesta fase, são desenvolvidos planos a serem executados em caso de desastre com foco em aliviar os seus efeitos.

A fase de resposta aos desastres acontece a partir do momento que o evento está em progresso. Esse período requer muita agilidade dos processos, desde a tomada de decisão até a condução das operações de socorro e assistência. O objetivo pode ser traduzido em reduzir perdas materiais e de vidas. A resposta envolve diversas atividades emergenciais como monitoramento, aviso, supressão ou controle do perigo, avaliação de necessidades emergenciais imediatas, avaliação e mobilização de recursos disponíveis, evacuação e atendimento de vítimas (LIMA *et al.*, 2017).

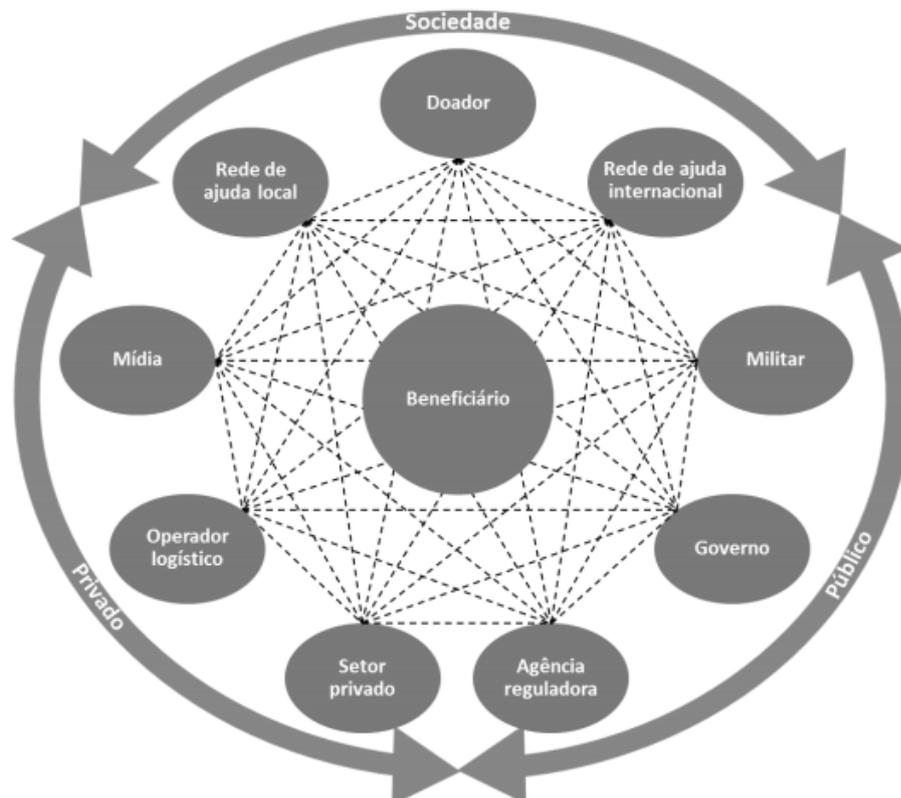
A fase de recuperação consiste em promover o restabelecimento das condições normais de vida na comunidade afetada e, inicia-se assim que finaliza a fase de resposta. A fase de recuperação pode ser dividida em duas etapas: reabilitação e reconstrução. A primeira trata-se da recuperação das condições normais de vida na comunidade afetada. A reconstrução é o processo de reparação em médio e longo prazo dos danos físicos, sociais e econômicos, a um nível de desenvolvimento igual ou superior ao existente antes do evento. É importante a reconstrução ter um caráter preventivo, para criação de um cenário mais seguro e menos vulnerável (EYERKAUFER, 2017).

2.1.2 Cadeia de suprimento para assistência humanitária

A cadeia de suprimento para assistência humanitária, ou simplesmente cadeia de assistência humanitária, pode ser definida como o processo que integra e controla o fluxo de materiais e de informação dos fornecedores e doadores para atender a demanda dos beneficiários, de forma rápida e eficiente. Como se trata de uma cadeia complexa é necessário ser flexível para atender eventos imprevisíveis de modo eficiente e eficaz e com restrições orçamentárias. Sendo assim, cadeias de suprimento humanitárias necessitam ser múltiplas, globais, dinâmicas e temporárias (BANDEIRA *et al.*, 2017; VAN WASSENOVE, 2006).

A coordenação da cadeia de suprimento humanitária é realizada considerando-se alguns *stakeholders*. Fontainha *et al.* (2014) elaboraram um modelo conceitual por meio de uma revisão de literatura e definiram, genericamente, dez *stakeholders* na cadeia de suprimento humanitária, classificados em três grupos: sociedade, setor público e privado. A Figura 5 apresenta o modelo conceitual de integração dos *stakeholders* em operações humanitárias proposto por Fontainha *et al.* (2014).

Figura 5 - Modelo conceitual de integração dos *stakeholders* em operações humanitárias



Fonte: (FONTAINHA *et al.*, 2014)

A rede de assistência local contém um conjunto de envolvidos, tais como: organizações não governamentais (ONGs), redes de assistência baseadas em estruturas sociais/religiosas, organizações comunitárias. As redes de assistência local são muito importantes para a cadeia de suprimento humanitária por serem redes que já atuam localmente como distribuidoras de suprimentos, por possuir conhecimento locais e conexões sociais/religiosas e, por fim, por contar com uma rede de pessoas predispostas a colaborar com as pessoas em situação de vulnerabilidade (HOLGUÍN-VERAS *et al.*, 2012).

Os doadores fornecem a maior parte do suporte financeiro e de suprimentos para as operações humanitárias. De acordo com Cozzolino (2012), doadores são aqueles que fornecem ajuda em operações humanitárias, por meios financeiros. Ainda é destacado que, recentemente, além dos financiamentos providos pelo governo, fundações, doadores individuais e empresas se tornaram importantes fontes de financiamento para as operações humanitária.

Independentemente do tipo de desastre, de início lento ou súbito, a rede de ajuda internacional pode ser considerada como um importante *stakeholder* na cadeia de suprimento humanitária devido a sua cobertura geográfica e respectivas capacidades de articular os tomadores de decisão. Alguns exemplos de instituições da rede de ajuda internacional são: ONGs internacionais, Nações Unidas e Cruz/Crescente Vermelha (FONTAINHA *et al.*, 2014).

As forças militares têm como objetivo a defesa do estado e a garantia dos poderes constitucionais da lei e da ordem. Elas possuem capacidade de agir em ambientes adversos e assim acabam atuando em funções de segurança, transporte e logística, comunicação e cuidados médicos em operações humanitárias, sempre que demandado pelo governo (BANDEIRA *et al.*, 2017).

O governo é considerado o principal *stakeholder* para o provimento de assistência na cadeia de suprimento humanitária. O governo pode solicitar/autorizar entidades públicas ou privadas e nacional ou internacional para ajudar em situações de desastre. Além disso, o governo pode mobilizar recursos necessários para a cadeia de suprimento humanitária (BANDEIRA *et al.*, 2017).

As agências reguladoras são órgãos governamentais que visam regular conflitos entre o fornecimento de serviços essenciais e o papel do setor privado. A privatização de serviços essenciais para a população faz com que agências reguladoras surjam para garantir o fornecimento de serviços essenciais a população (PALM, 2008).

O setor privado tem capacidade de atuar em diversas situações em operações humanitárias e pode fornecer suporte tecnológico e logístico. As empresas podem atuar,

principalmente, como provedores, doando serviços/produtos resultantes de suas operações, com isso, tornando-se essenciais para aliviar o sofrimento do beneficiário (COZZOLINO, 2012).

Na resposta ao desastre, os operadores logísticos executam um papel essencial para a cadeia de suprimento humanitária, pois possibilitam o fluxo de suprimentos até os lugares afetados. Os operadores logísticos possuem conhecimento, recursos e ativos que, compartilhados, podem realizar a gestão de estoque ao transporte, de forma eficiente, eficaz e rápida. Dessa forma, possibilitando o alívio do sofrimento do beneficiário e, em alguns casos, salvando vidas. (COZZOLINO, 2012).

A mídia apresenta a função de informar a sociedade dos impactos de um desastre de alcance nacional ou internacional. Além da comunicação em massa, atualmente, as notícias são divulgadas de forma virtual por veículos de comunicação *online* e redes sociais. Como resultado da divulgação das informações do desastre e dos seus efeitos, a mídia contribui para a conscientização da população e, principalmente, o levantamento de doações, financeiras e de suprimentos (FONTAINHA *et al.*, 2014).

Os beneficiários são considerados o propósito de toda mobilização da cadeia de suprimento humanitária. Os *stakeholders* procuram salvar vidas, aliviar o sofrimento e manter a dignidade dos beneficiários que estão em situação de emergência (BANDEIRA *et al.*, 2017).

2.2 INSEGURANÇA ALIMENTAR E BANCO DE ALIMENTOS

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO, 2013), a insegurança alimentar pode ser caracterizada como a interrupção do acesso consistente a alimentos, acompanhada de restrição na quantidade e na qualidade dos alimentos, com consequências negativas para a saúde, nutrição e bem-estar das pessoas.

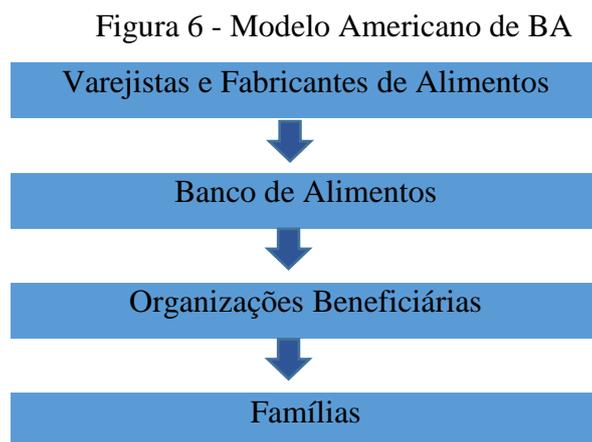
Por outro lado, o Escritório das Nações Unidas para a Redução dos Riscos de Desastres (UNISDR, 2009) afirma que desastres de mesma amplitude atingem de formas diferentes países ricos e pobres. A pobreza é considerada ao mesmo tempo causa e consequência do risco de desastres. Dessa forma, países pobres com governanças mais fracas tendem a experimentar maior mortalidade e maior perda econômica em comparação a países mais ricos e governanças mais fortes.

Considerando as duas afirmações acima, os desastres, crises, alterações climáticas graves, choques econômicos, conflitos ou uma combinação desses fatores afetaram adversamente a vida e os meios de subsistência de milhões de pessoas, principalmente em regiões mais pobres, e constituem múltiplas ameaças à segurança alimentar.

A Organização das Nações Mundial, tendo em vista a crise causada pela pandemia de COVID-19, estima que mais de 49 milhões de pessoas podem cair na situação de pobreza extrema, elevando rapidamente o número de pessoas expostas a uma grave insegurança alimentar e nutricional (FAO, 2020).

Neste contexto, surge a importância dos Banco de Alimentos (BA) para minimizar os efeitos da insegurança alimentar ocasionada pelos desastres.

Warshawsky (2011) relata que o modelo de BA emergiu na década de 1960, na cidade de Phoenix nos Estados Unidos, por meio de uma iniciativa de um cidadão que decidiu armazenar doações de alimentos em um depósito centralizado para posterior distribuição desses alimentos a pessoas em situação de insegurança alimentar. O autor descreve como ocorreu a evolução dos BA nos Estados Unidos, desde que estes surgiram para enfrentamento da insegurança alimentar. Ao longo da história, os BA passaram a desenvolver estratégias coordenadas para o processo de doações, transporte, armazenagem e distribuição de alimentos e passaram a receber incentivos fiscais para sua operação. Dessa forma, os BA se consolidaram como uma importante rede de segurança alimentar nos Estados Unidos. O fluxograma da Figura 6 representa, genericamente, o modelo de um BA americano.



Fonte: Adaptado de Warshawsky (2011)

No modelo apresentado na Figura 6, os alimentos fluem dos varejistas e fabricantes, para o BA e de lá para as organizações beneficiárias, as quais promovem a distribuição dos alimentos para as famílias em situação de insegurança alimentar.

Bacon e Baker (2017) relatam que os BA operam de maneira muito diferente em todo o mundo. Nos Estado Unidos, Canadá e Austrália, os BA operam amplamente para obter alimentos e fundos para que possam distribuir alimentos *in natura* ou fornecer comidas prontas.

No Reino Unido, o *Trussell Trust* é o maior BA, que distribui alimentos diretamente para mais de 400 BA comunitários que operam como distribuidores de alimentos *in natura*. No Canadá, Tarasuki *et al.* (2014), realizaram um *survey* para definir padrões e relações entre cinco BA localizados nas cidades de Halifax, Quebec, Toronto, Edmonton e Vitoria. Na Espanha, González-Torre e Coque (2016), realizaram um estudo empírico que consistiu em identificar o impacto dos BA nas cadeias de suprimentos a que pertencem. Em Portugal, Fernandes (2013) propôs a redefinição de processos logísticos de um BA, a partir da identificação de *gaps* que podem contribuir para melhorar as ineficiências dos processos. Na África do Sul, um estudo realizado por Warshawsky (2011) procurou verificar a viabilidade da aplicação do modelo americano de BA para minimizar a insegurança alimentar em áreas pobres da região.

2.3 PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

Os principais problemas associados aos processos de tomada de decisão na LH envolvem a definição da localização de instalações, gestão de estoques e de transporte de suprimentos humanitários. Para tanto, a Pesquisa Operacional (PO) dispõe de um grande ferramental, constituído por modelos matemáticos consagrados e métodos emergentes que podem ser aplicados para otimizar problemas com um ou mais objetivos, além de uma série de restrições. A seguir, são apresentados os modelos relacionados a Problema de Localização (PL).

2.3.1 Problema de Localização

A fase de preparação da LH é considerada crucial e afeta diretamente a eficácia e eficiência na fase de resposta, pois nessa fase é que se define as estratégias e o planejamento para aliviar as consequências dos desastres. Nesse sentido, o PL é um dos aspectos importantes a ser considerado na fase de preparação.

O PL começou a ser estudado em 1909 por Alfred Weber. Neste estudo, Weber procurou posicionar um único armazém com a finalidade de minimizar a distância total entre vários clientes. Na década de 60, foi que os estudos do PL se desenvolveram, com destaque para os estudos de Hakimi, em 1964, que buscou localizar alguns centros de comutação em uma rede de comunicação e delegacias de polícia em um sistema de rodovias (OWEN; DASKIN, 1998).

Na LH, o objetivo do PL consiste em determinar a localização de instalações e infraestruturas incluindo, entre outros, armazéns centrais de suprimentos de emergência,

armazéns locais, instalações de socorro permanentes, posicionamento de veículos de ajuda e instalações de socorro temporário como hospitais móveis (NIKBAKHS; FARAHANI, 2011).

Samed e Gonçalves (2013) realizaram um estudo, considerando as publicações de Owen e Daskin (1998), Mladenović *et al.* (2007) e Farahani *et al.* (2010). O objetivo desse estudo consistiu em definir o estado atual dos problemas de localização num espectro global e a identificar *gaps* e oportunidades de desenvolvimento de pesquisas aplicadas à LH no contexto brasileiro.

2.3.1.1 Modelos para o Problema de Localização

Nesta seção, serão descritos três modelos para o PL: *P*-mediana, *P*-centro e cobertura de conjuntos.

2.3.1.1.1 Problema de P-medianas

Church e ReVelle (1976) observaram que uma forma importante de medir a eficácia de localização de uma instalação é determinada pela distância média percorrida por quem a visita. Quando a distância média viajada aumenta a acessibilidade da localização diminui, este relacionamento é válido para a maioria dos problemas de localização. Por isso, o problema de *P*-medianas busca minimizar a distância ou tempo médio entre as instalações e seus usuários. Owen e Daskin (1998) apresentam um modelo matemático de *P*-medianas para minimizar a distância total percorrida entre as demandas e instalações ponderada pela demanda. Este modelo é demonstrado a seguir.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_j X_j = P, \quad (2)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i, \quad (3)$$

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

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

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

Onde, índices:

i = índice do local da demanda

j = índice do local potencial da instalação

Variáveis de decisão:

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{se a instalação for localizada em } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a demanda do nó } i \text{ é atendida pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

Parâmetros:

h_i = demanda no local de demanda i

d_{ij} = distância entre os locais de demanda i e o local potencial da instalação j

P = número de instalações a serem localizadas

A função objetivo (1) consiste em minimizar a distância total ponderada pela demanda entre os locais de demanda e as localizações candidatas. As equações (2), (3), (4), (5), e (6) são restrições. A restrição (2) serve para garantir que o número de instalações consideradas pelo modelo matemático será igual ao número de instalações a serem localizadas, P . A restrição (3) assegura que toda demanda seja atendida por um local de instalação. A restrição (4) permite que cada local de demanda só seja atendido por um local de instalação que seja localizado. As restrições (5) e (6) definem que as variáveis de decisão do problema são binárias (OWEN; DASKIN, 1998).

A função objetivo do modelo de P -medianas leva em consideração que a localização vai ficar o mais próximo, em média, de um conjunto de pontos de demanda. Algumas vezes, ponderando pelos nós que apresentam uma demanda maior. Em situação de desastres de início súbito, não se sabe em que local poderá ocorrer a demanda, portanto o prazo de entrega nesse tipo de desastre é importante. Nesta situação, a média pode não ser a alternativa mais atrativa, dado que alguns locais de demanda podem ficar distantes do local de instalação escolhido e assim, pode-se ter um elevado tempo de transporte, o que levaria a um tempo de resposta maior, diminuindo a eficiência e eficácia do alívio às consequências do desastre (NIKBAKHS; FARAHANI, 2011).

2.3.1.1.2 Problema de Cobertura de Conjuntos

Em situações de desastre é mais desejável que cada local de demanda seja alcançável, ou seja, esteja coberto por uma instalação que possa prestar socorro. Diferente do modelo de P -medianas que considera a média das distâncias entre todos os nós, no problema de cobertura, um nó de demanda só é considerado coberto por uma instalação se, e somente se, estiver dentro de uma distância especificada da instalação. O problema de cobertura de conjuntos consiste em

encontrar o número mínimo de instalações para cobrir todos os pontos de demanda de modo a não ultrapassar a distância especificada (NIKBAKHS; FARAHANI, 2011).

Toregas *et al.* (1971) introduziu o modelo do problema de cobertura de conjuntos (*set covering problem*), cujo objetivo consiste em minimizar o número de instalações de emergência localizadas, cobrindo os pontos de demanda. Primeiro, define-se uma distância máxima entre a localização candidata e o ponto de demanda, representada por s , e considera-se que um conjunto de localizações candidatas (N_i) que atendem o ponto de demanda, tal que:

$$N_i = \{j \mid d_{ij} \leq s\} \quad (7)$$

Em que d_{ij} é a distância entre os pontos i e j .

$$\text{Minimizar } Z = \sum_j X_j \quad (8)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} X_j \geq 1, \quad \forall i, \quad (9)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j. \quad (10)$$

Onde, índices:

i = índice do local da demanda

j = índice das instalações candidatas.

Variáveis de decisão:

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{se a instalação for localizada em } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

A função objetivo (8) procura minimizar o número de instalações localizadas. A restrição (9) garante que uma demanda seja atendida por uma ou mais instalações dentro de uma distância máxima. A restrição (10) indica que as variáveis de decisão são binárias.

Matos e Thomé (2019) realizaram uma revisão dos problemas de cobertura a ser utilizado, principalmente, nos serviços de emergência como problemas envolvendo ambulâncias ou combates a incêndio. Na literatura, ainda se observa a utilização para centros de distribuição e também outras variações do modelo como modelo de localização máxima de cobertura.

2.3.1.1.3 Problema de P-centros

Diferente do modelo do problema de cobertura que procura minimizar a quantidade de instalações localizadas para atender um conjunto de demandas, no problema de P -centros exige-

se o atendimento à cobertura de todas as demandas, mas com número de instalações definidas. O problema de P -centros foi formulado por Hakimi (1964) e o objetivo deste modelo consiste em minimizar a distância máxima entre um número fixo de instalações e os pontos de demanda (PIZZOLATO *et al*, 2012).

O modelo P -centros segue a formulação similar ao de P -medianas, as variáveis de decisão e parâmetros tem o mesmo significado. No modelo P -centros, inclui-se uma variável D , que representa a distância máxima de um nó de demanda e a instalação localizada mais próxima. O modelo P -centros é descrito da seguinte forma:

$$\text{Minimizar } D \quad (11)$$

Sujeito a:

$$\sum_j X_j = P, \quad (12)$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i, \quad (13)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i, j, \quad (14)$$

$$D \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad \forall i, \quad (15)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j, \quad (16)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j. \quad (17)$$

A função objetivo (11) consiste em minimizar a distância máxima entre qualquer nó de demanda e sua instalação mais próxima. As restrições (12) até (14) são similares às restrições (2) até (4) e garantem que o número de instalações localizadas é igual a P , que toda demanda será atendida e que a demanda será atendida em um lugar que tenha instalado uma localização. A restrição (15) define a distância máxima entre qualquer nó de demanda e a instalação mais próxima. As restrições (16) e (17) determinam que as variáveis de decisão do problema são binárias.

2.4 RESUMO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou, de forma breve, os principais conceitos que fundamentam o desenvolvimento desta pesquisa, evidenciado por meio da exposição da revisão de literatura de forma narrativa, organizada de forma lógica e cronológica.

Em relação à LH, destaca-se o conceito, seus princípios e características. Os autores relatam que a LH é mais complexa que a logística empresarial devido à imprevisibilidade da demanda, demanda imediata após a ocorrência do desastre e escassez de recursos. Esse cenário faz com que os desastres sejam situações caóticas, complexas e imprevisíveis, portanto são situações difíceis de realizar a GRD. Deste modo, a preparação para desastres é considerada uma fase importante, principalmente, no caso de desastres de início súbito em que a resposta deve ser imediata.

Os *stakeholders* da cadeia de suprimentos humanitária dependerão das configurações regionais e características dos desastres. O modelo conceitual apresenta todos os possíveis *stakeholders* envolvidos em operações humanitárias, bem como estabelece que deve haver relações e conexões entre eles, evidenciando o alinhamento, a coordenação e o compartilhamento de informações.

A insegurança alimentar pode ser gerada ou agravada em decorrência dos desastres. Neste contexto, os BA são considerados instituições que promovem a interligação de doadores de alimentos a organizações beneficiárias, com o intuito de minimizar os efeitos da insegurança alimentar. Há vários estudos que demonstram como os BA estão estruturados em diferentes regiões do mundo, bem como, há estudos que demonstram aplicações de reestruturação de processos, otimização de rotas de distribuição de alimentos, localização de instalações, entre outros.

As operações da cadeia de assistência humanitária de um BA podem ser otimizadas por meio da PO, fazendo uso dos modelos de localização. O PL é uma teoria clássica da área de PO, que é muito utilizada na logística empresarial e com a evolução da logística humanitária começaram a ser adaptados para aplicação. Alguns modelos do PL são apresentados ao longo do capítulo como: *P*-mediana, Cobertura de conjuntos e *P*-mediana.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A revisão bibliográfica sistemática (RBS) é um instrumento para mapear trabalhos publicados no tema de pesquisa específico para a elaboração de uma síntese do conhecimento existente sobre o assunto (CONFORTO *et al.*, 2011). Ao contrário da revisão de literatura que teve como objetivo apresentar e definir os conceitos que serão aplicados durante a dissertação, a RBS foi realizada com o intuito de pesquisar, examinar e sintetizar as publicações que convergem para as aplicações que relacionam Logística Humanitária, Banco de Alimentos e Problema de Localização.

Este capítulo apresenta a definição do protocolo de pesquisa, o desenvolvimento das expressões de buscas, os resultados gerados de forma quantitativa e, por fim, a análise qualitativa do artigo escolhido para embasar o modelo proposto.

3.1 PROTOCOLO DE PESQUISA

A presente RBS tem o objetivo examinar os principais artigos e modelos publicados na área de PL aplicadas ao contexto da LH e de BA e, posteriormente, selecionados os possíveis modelos que possam ser aplicados ou adaptados para a pesquisa para sustentar os modelos proposto. Essas publicações são analisadas de acordo com o protocolo de pesquisa indicado na Figura 7. Inicialmente, não houve delimitação do período de busca. Então, em função dos resultados obtidos observou-se que as contribuições começaram a surgir em 2008 na base de dados *Scopus*. Deste modo, foi possível estabelecer o período de busca entre 2008 até 2020.

Figura 7 - Protocolo de pesquisa

Primeira etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Escolha da base de dados • Base de dados Scopus
Segunda etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Escolha da expressão de busca • Análise das expressões de busca
Terceira etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Análise Quantitativa • Panorama dos artigos encontrados
Quarta etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Filtro 1: • Leitura do título e resumo dos artigos. • Retenção dos artigos que tenham aplicações do PL no contexto humanitário ou em BA.
Quinta etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Filtro 2: • Leitura da introdução e modelos. • Seleção dos que possam ser utilizados como base da dissertação.
Sexta etapa: <ul style="list-style-type: none"> • Leitura dos artigos selecionados. • Análise Qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira etapa consistiu na definição da base de dados em que a pesquisa se desenvolveu. A base escolhida é a *Scopus*, por ser considerada a maior base e de dados multidisciplinar que conta com livros, periódicos, publicações comerciais e documentos de conferências. Além disso, na área do tema desta pesquisa, a base *Scopus* possui importantes periódicos, que apresentam artigos relevantes e de fácil acesso para realização das análises (SCOPUS, 2020). No desenvolvimento da RBS, considerou-se apenas artigos de periódicos, excluindo-se livros e outros documentos.

Na segunda etapa, foram escolhidas as expressões de busca, definindo-se os termos utilizados. No tópico expressão de busca, são apresentados os resultados das pesquisas por cada expressão individual e depois por combinações entre elas.

Na terceira etapa, realizou-se a análise quantitativa dos artigos obtidos a partir da combinação das expressões de busca, no período de 2008 até 2020. De acordo com esses

artigos, foi possível elaborar diferentes panoramas, realizando estratificações por ano, periódico, país e autor.

Na quarta etapa, foram analisados os resumos e títulos dos artigos, os quais foram classificados de acordo com o tipo de aplicação, sendo excluídos os artigos de revisão bibliográfica ou que não convergiam para o tema da pesquisa.

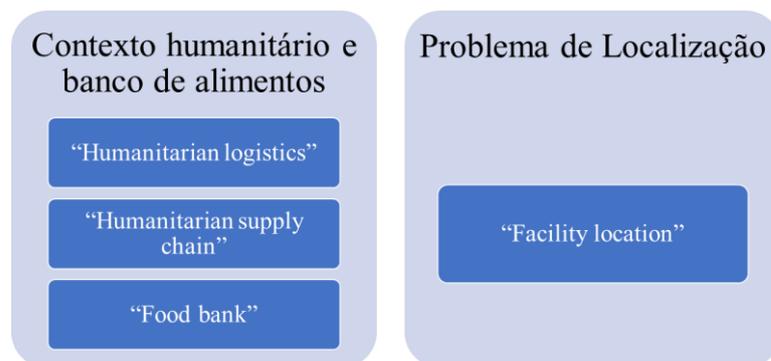
Na quinta etapa, realizou-se a leitura da introdução e analisou-se os modelos dos artigos com o objetivo de identificar quais artigos e modelos podem ser relevantes para serem aplicados ou adaptados nesta dissertação. No final desta etapa, foram selecionados alguns artigos com potencial de contribuir para a proposição do modelo desta pesquisa.

A sexta etapa consistiu na análise qualitativa dos artigos selecionados, em que foram analisados os objetivos, modelos, soluções e resultados. Por fim, foi selecionado um artigo que apresentou um modelo com maior potencial de adaptação para esta pesquisa. Como síntese, tem-se uma matriz de conhecimento resumindo as principais contribuições, bem como as lacunas encontradas no artigo selecionado.

3.2 EXPRESSÃO DE BUSCA

As expressões de busca foram definidas para representar duas importantes frentes de trabalho da pesquisa desenvolvida. A primeira é relativa ao contexto humanitário e banco de alimentos e a segunda consiste nos modelos da PO que subsidiam os PL. As expressões foram estabelecidas no idioma inglês para ampliar a cobertura da pesquisa. A Figura 8 apresenta as expressões de busca utilizadas na revisão sistemática.

Figura 8 - Expressões de busca



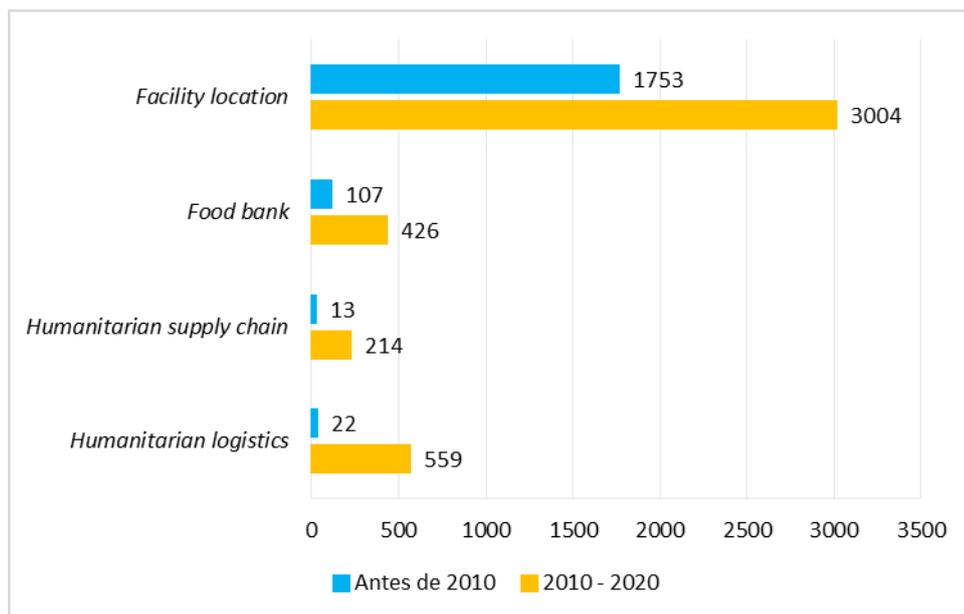
Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação à primeira frente, é importante considerar que a pesquisa faz referência ao contexto da logística humanitária e propõe a criação um banco de alimentos em caso de desastres súbitos. Assim, para explicitar essa relação foram escolhidas três expressões para representar o contexto da pesquisa “*humanitarian logistics*”, “*humanitarian supply chain*” e “*food bank*”. Os dois primeiros termos se referem à logística e à cadeia de suprimentos humanitária. Embora sejam termos muito amplos, e assim abordam questões que vão muito além do banco de alimentos, são importantes, pois congregam os problemas da área de desastres e assim são relevantes para a pesquisa. O último termo refere-se a banco de alimentos, objeto do estudo e dessa forma é um termo específico que direciona e limita a pesquisa.

A expressão “*facility location*” direciona a pesquisa de artigos que discutam o tema do PL, resultando tanto em artigos teóricos sobre o assunto como modelos aplicados a diversas realidades. Como o objetivo dessa pesquisa é desenvolver um modelo para localização de um (ou mais) BA, será focado nos modelos de aplicação.

O gráfico apresentado na Figura 9 exibe a evolução das publicações antes de 2010 e de 2010 até 2020.

Figura 9 - Comparação entre as publicações antes e depois de 2010



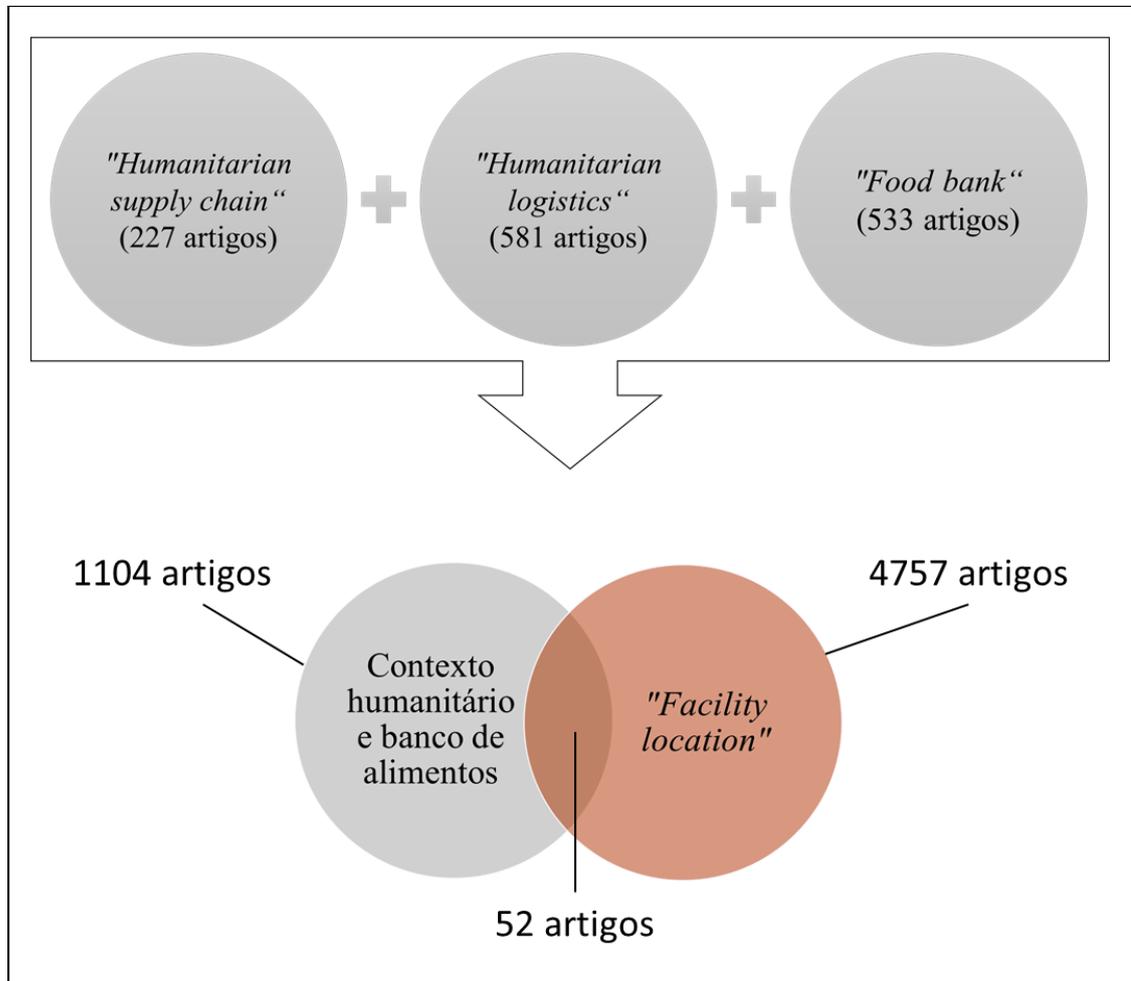
Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se concluir que a maioria das publicações no contexto humanitário e banco de alimentos foram desenvolvidas depois de 2010. Este fato pode ser evidenciado, considerando-se que mais de 90% dos artigos encontrados foram publicados na última década. Por outro lado,

é possível afirmar que as publicações sobre “*facility location*” já eram significativas antes de 2010, porém tornaram-se mais expressivas, recentemente.

A Figura 10 exibe um esquema elaborado para representar as interações entre as expressões de busca.

Figura 10 - Resultado da pesquisa com as expressões de busca



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 10, a esfera que corresponde aos termos contexto humanitário e banco de alimentos na realidade é utilizada para representar as expressões “*humanitarian supply chain*”, “*humanitarian logistics*”, “*food bank*”. Deste modo, o objetivo desta etapa da pesquisa consistiu em identificar as publicações resultantes das expressões de busca e as possíveis combinações entre elas.

No contexto humanitário e de banco de alimentos (“*humanitarian logistics*” OR “*humanitarian supply chain*” OR “*food bank*”) foram localizados 1104 artigos. Deste total, 227

artigos referem-se à expressão *humanitarian supply chain*, 581 referem-se a *humanitarian logistics* e 533 referem-se a *food bank*.

Para as expressões de busca “*facility location*”, de forma individual, foram obtidos 4757 artigos. Essa expressão resultou mais artigos, pois, além de representar conceitos consolidados na área de PO, as publicações referem-se a modelos que podem ser aplicados em diferentes áreas de conhecimento.

Como o objetivo da RBS é encontrar modelos de PL que possam ser aplicadas no contexto humanitário e BA, foi utilizada os resultados da expressão de busca (“*humanitarian logistics*” OR “*humanitarian supply chain*” OR “*food bank*”) AND (“*facility location*”)) para encontrar os artigos que possuem aplicações PL no contexto humanitário e banco de alimentos. Este é representado pela intersecção da Figura 10 com 52 artigos resultantes.

3.3 ANÁLISE QUANTITATIVA

De acordo com os 52 artigos obtidos na base de dados *Scopus*, o próximo passo consistiu no desenvolvimento de uma análise bibliométrica. Para tanto, considerou-se o período de busca compreendido entre 2008 e 2020.

A Tabela 1 exhibe os seis periódicos com mais artigos publicados. Nota-se que os periódicos mais representativos considerando os 52 artigos selecionados, são: o *Socio-Economic Planning Sciences* (SEPS) e *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management* (JHLSCM).

Tabela 1 - Número de artigos por periódicos

Periódicos	Número de artigos
<i>Socio-Economic Planning Sciences</i>	7
<i>Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management</i>	4
<i>European Journal of Operational Research</i>	3
<i>Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review</i>	2
<i>Computers and Operations Research</i>	2
<i>OR Spectrum</i>	2

Fonte: Elaborado pelo autor

O SEPS é um periódico que procura contribuições que lidam com aplicações de modelos e técnicas quantitativas para problemas de tomadas de decisão nos setores público e de serviços.

Esse periódico teve início em 1967 e possui classificação Qualis B1 em Engenharias III, conforme consulta realizada em junho de 2020. O seu atual editor chefe é Vedat Verter.

O JHLSCM é um periódico especializado em logística e cadeia de suprimento humanitária, que começou a publicar edições em 2011 e possui classificação Qualis B4 em Engenharias III, conforme consulta realizada em junho de 2020. O periódico apresenta duas edições anuais até 2014 e, nos anos seguintes apresenta entre três e quatro edições, sendo algumas delas temáticas. A editora fundadora do JHLSCM é Karen Spens e seus editores atuais são Nezih Altay e Gyöngyi Kovács.

A Tabela 2 apresenta os dez países com maior número de artigos publicados, levando em consideração o país do primeiro autor.

Tabela 2 - Número de artigos por país

País	Número de artigos
EUA	15
Turquia	8
Irã	4
Japão	4
Áustria	2
Brasil	2
China	2
Colômbia	2
Índia	2
Inglaterra	2

Fonte: Elaborado pelo autor

O Estados Unidos da América (EUA) é o país mais proeminente em termos de publicações de acordo com o protocolo estabelecido para esta pesquisa, seguido da Turquia, Irã e Japão. Na América do Sul, Brasil e Colômbia apresentam, cada um, duas publicações e o Peru, que não aparece no *ranking*, possui uma publicação.

A Tabela 3 indica os autores que representam a elite em termos de publicações na LH ou banco de alimentos com PL.

Tabela 3 - Número de artigos por autor

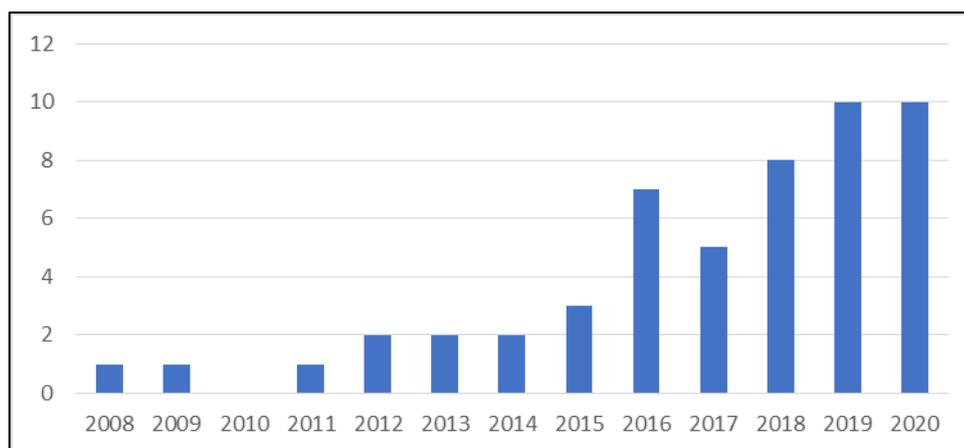
Autores	Instituição	Número de artigos
Rajali Maharjan	<i>Japan Transport Research Institute</i>	3
Shinya Hanaoka	<i>Tokyo Institute of Technology</i>	3
Matthieu Luras	<i>Université Toulouse-Mines</i>	2
Nilay Noyan	<i>Sabanci University</i>	2
Lauren Davis	<i>North Carolina Agricultural & Technical State University</i>	2
Sibel Salman	<i>Koç University</i>	2
Lionel Dupont	<i>Université Toulouse-Mines</i>	2
Amol Singh	<i>Indian Institute Of Management Rohtak</i>	2
Wilfredo Yushimito	<i>Rensselaer Polytechnic Institute</i>	2
Ashish Trivedi	<i>O. P. Jindal Global University</i>	2
Satish Ukkusuri	<i>Purdue University</i>	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Maharjan e Hanaoka (2018, 2019, 2020) desenvolveram três (3) artigos em parceria sobre localização de centros temporários de logísticas durante a fase de resposta, levando incertezas em consideração. Rajali Maharjan é pesquisadora no *Japan Transport and Tourism Research Institute* e Shinya Hanaoka é professor no *Tokyo Institute of Technology*.

Com a leitura dos resumos dos 52 artigos selecionados, os artigos foram classificados por ano. A Figura 11 apresenta graficamente a distribuição das publicações, por ano.

Figura 11 - Número de artigos por ano



Fonte: Elaborado pelo autor

As publicações têm início em 2008 e apresentam um aumento com o passar dos anos. A partir de 2016 começa a apresentar uma tendência de crescimento.

Com a leitura dos resumos, os 52 artigos foram classificados nas seguintes categorias: aplicações de PL ou revisão. Dos 52 artigos apenas quatro são de revisão de literatura e foram excluídos por não apresentarem aplicação de modelos que é o objetivo da RBS.

Os 48 artigos selecionados passaram para a próxima etapa, que consistiu na leitura e análise do resumo, introdução e modelo. A partir da leitura e da análise dos modelos apresentados pelos diferentes artigos, um artigo foi selecionado pelo seu modelo de localização. Este artigo é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Artigos selecionados para análise

Autores	Ano	Título	Periódico
Davis, L.B.; Sengul, I.; Ivy, J.S.; Brock III, L.G.; Miles, L.	2014	<i>Scheduling food bank collections and deliveries to ensure food safety and improve access</i>	<i>Socio-Economic Planning Sciences</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Davis *et al.* (2014) publicaram um artigo na SEPS, em que produziram um modelo do problema de localização de cobertura de conjuntos. O artigo apresenta o desenvolvimento de um modelo em duas fases a primeira com um PL e a segunda com um problema de roteirização de veículos para um BA dos EUA.

3.4 ANÁLISE DO ARTIGO DE DAVIS *et al.* (2014)

Nesta etapa é apresentado um resumo com os pontos importantes do artigo de Davis *et al.* (2014). Posteriormente é apresentado o modelo de localização de cobertura de conjuntos apresentado no artigo.

Davis *et al.* (2014) apresentaram um modelo de localização classificado como de modelo de cobertura capacitado (*capacitated set covering problem*). Esse modelo é uma variação do problema de cobertura e que leva em consideração a capacidade do veículo de entrega. Para os autores, os principais problemas nos BA estudados consistem em: operação logística de transporte (que apresenta uma despesa considerável com manutenção e combustível), o acesso limitado a transporte refrigerado e a distância entre os BA e as agências beneficiárias. Sendo assim, o artigo propõe a criação de pontos de entrega de alimentos para

aumentar o acesso aos alimentos pelas agências beneficiárias. Os pontos de entregas de alimentos são pontos intermediários locais, onde doadores podem realizar as entregas e agências podem coletar alimentos. O BA da pesquisa de Davis *et al.* (2014) consiste em armazéns centrais permanentes que consolidam doações nacionais e regionais, como: o programa federal *Emergency Food Assistance Program* e supermercados locais, e distribuem alimentos para um conjunto fixo de agências beneficiárias. Davis *et al.* (2014) também utilizaram o modelo de problema de roteirização periódico de coleta e entrega. Primeiramente, é determinado um indicador de tempo, medido em número de dias, necessário para realizar coletas e entregas de alimento em cada ponto de distribuição. Além disso, outros indicadores foram instituídos, como a jornada máxima do motorista e a capacidade do veículo para que a realização das coletas e entregas. O modelo de Davis *et al.* (2014) foi aplicado ao *Second Harvest Food Bank of Northwest North Carolina*. Os modelos foram resolvidos pelo GAMS/CPLEX. Os resultados mostram que houve um atendimento às restrições de capacidade dos veículos e, desta forma, proporcionou um aumento a distribuição de alimentos, principalmente para as agências beneficiárias localizadas em áreas rurais. Quatro agências beneficiárias foram atribuídas ao ponto de distribuição de alimento mais próximo, atendendo a restrição do tempo máximo definido.

O modelo de localização de Davis *et al.* (2014) é apresentado abaixo.

$$\text{Minimizar } \sum_i f_i \quad (18)$$

Sujeito a:

$$\sum_i \gamma_{ji} a_{ji} = 1, \quad \forall j \quad (19)$$

$$\sum_j q_j \gamma_{ji} a_{ji} = K f_i \quad \forall i, \quad (20)$$

$$a_{ji} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, \quad (21)$$

$$f_i \in \{0,1\} \quad \forall i. \quad (22)$$

Onde, índices:

i = índice do conjunto de locais de coleta

j = índice do conjunto de agencias de caridade

Variáveis de decisão:

$$a_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{se a agência } j \text{ é atribuída par o local de coleta } i, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$f_i = \begin{cases} 1, & \text{se o local de coleta } i \text{ for aberta,} \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

Parâmetros:

q_j = Quantidade de entrega

t_{ji} = tempo entre o local de coleta i e a agência j

$$\gamma_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{se } t_{ji} \leq T_{max}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

K = Capacidade de entrega do caminhão

No modelo i representa os locais de coleta e j as agências de caridade. a_{ji} designa se um local de coleta está ligado a uma agência e f_i se um local de coleta é aberto. q_j , t_{ji} e K são, respectivamente, a quantidade entregada; tempo entre o local de coleta e a agência beneficiária; e a capacidade de entrega do caminhão. γ_{ji} é uma matriz que indica se o tempo entre o local de coleta e a agência está dentro de um limite máximo (t_{max}). Como é um problema de cobertura de conjuntos a função objetivo (18) consiste em minimizar a quantidade de locais de coleta aberto. A restrição (19) garante que cada agência beneficiária vai ser atendida por um local de coleta. A restrição (20) assegura que quantidade de entrega de todas as agências associadas a um local de coleta não exceda a capacidade de entrega do caminhão. As restrições (21 e 22) declaram que as variáveis são binárias.

De forma resumida o modelo é classificado como cobertura de conjunto e otimiza o número de locais de coleta aberto para atender a demanda das agências de caridade. Essa agência deve satisfazer a restrição de estar localizada até uma distância máxima definida dos locais de coleta. O modelo possui como restrição que cada agência deve ser atendida por um local de coleta e que a soma das quantidades de entrega para as agências tem que ser menor do que a capacidade de entrega do veículo.

3.5 RESUMO DO CAPÍTULO

Este capítulo desenvolveu uma Revisão Bibliográfica Sistemática com base na plataforma de artigos científicos *Scopus*, em que foram pesquisados artigos de periódicos com aplicações de PL no contexto humanitário e/ou em BA. Foi realizada uma análise bibliométrica dos artigos com a evolução dos ao longo do tempo e a relação entre as palavras chaves. No final, foram obtidos 48 artigos com aplicações de PL no contexto humanitário ou BA. Destes artigos, o de Davis *et al.* (2014) foi selecionado para um estudo mais detalhado. A Matriz de Conhecimentos apresentada no Quadro 1 descreve, resumidamente, o contexto, o objetivo, as contribuições e as lacunas observados no artigo de Davis *et al.* (2014).

Quadro 1 - Matriz de Conhecimentos

Artigo	Contexto	Objetivo	Contribuições	Lacunas
Davis <i>et al.</i> (2014)	Problema de localização e roteirização de veículos em banco de alimentos.	Localizar pontos de entrega de alimentos, promover a roteirização diária, definir o tipo de transporte e definir qual beneficiário será atendido.	A modelagem do problema de localização foi adaptada do problema de cobertura de forma clássica e a consideração da capacidade de um caminhão para fazer as entregas. O modelo de roteirização considera o tempo máximo de jornada por motorista e o tempo de operação de coleta e entrega.	O modelo não considera na função objetivo minimizar o tempo de operação. Não pondera o lado dos doadores para garantir o suprimento do banco de alimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor

A análise das contribuições e lacunas apresentadas no Quadro 1 devem influenciar a definição do modelo de localização desenvolvido para um (ou mais) BA temporário, para desastres súbitos, no estado do Paraná.

4

METODOLOGIA

Metodologia pode ser interpretada como uma disciplina que tem por objetivo estudar os diferentes métodos disponíveis para realização de uma pesquisa científica. A metodologia aplicada examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que permitem a coleta de dados e o processamento de informações, pretendendo resolver os problemas e/ou questões da pesquisa. O propósito da metodologia é apresentar um caminho, através de métodos, ferramentas e técnicas, para a realização da pesquisa desde a coleta de dados até os resultados (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Esta dissertação apresenta características de uma pesquisa axiomática normativa, isto é, o estudo procura desenvolver estratégias e ações a fim de encontrar uma solução ótima para um problema, com base em modelos que prescrevem uma decisão para o problema. Neste tipo de pesquisa novos modelos matemáticos ou adaptações de modelos existentes podem ser propostos para um problema idealizado, utilizando métodos conhecidos na literatura. Também é possível estudar os métodos de resolução novos ou com variações, aplicados a modelos conhecidos (MORABITO NETO; PUREZA, 2012). De acordo com essas considerações, este estudo consiste em uma adaptação de modelos matemáticos disponíveis na literatura, aplicados no contexto da LH com o objetivo de analisar diferentes cenários e propor estratégias para cada cenário analisado.

A principal característica de uma abordagem quantitativa é o ato de mensurar variáveis, mas existe outras características como a objetividade que pode ser atingida pelo uso da linguagem matemática (MARTINS, 2012). Esta Dissertação apresenta uma abordagem

quantitativa, que envolve a elaboração de modelos matemáticos para construção de cenários e mensuração das variáveis com diferentes características para a análise do comportamento das variáveis.

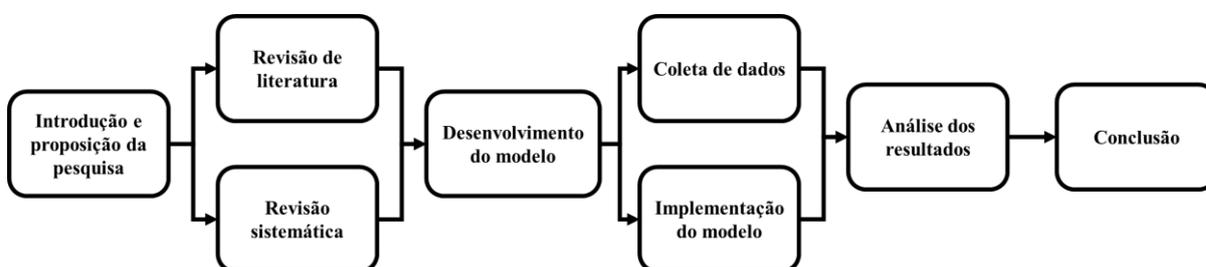
A pesquisa explicativa possui a preocupação de identificar os fatores que determinam/causam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2002). Esta dissertação, quanto ao seu objetivo, pode ser considerada explicativa, pois consiste em compreender causas e efeitos de um determinado fenômeno, simulando diferentes cenários de acordo com as incertezas e discutindo seus efeitos no problema de distribuição de alimentos na ocorrência de desastres de início súbito.

Neste capítulo, são apresentados o fluxograma da pesquisa, as considerações dos modelos e a descrição da etapa de coleta de dados.

4.1 FLUXOGRAMA DA PESQUISA

A estrutura desta dissertação é apresentada no fluxograma da Figura 12 e está dividida em oito etapas da pesquisa. São elas: introdução e proposição da pesquisa, revisão de literatura, revisão sistemática, desenvolvimento do modelo, coleta de dados, implementação do modelo, análise dos resultados e, por fim, as considerações finais.

Figura 12 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira etapa desta Dissertação consiste na introdução e proposição da pesquisa, conforme apresentado no Capítulo 1, em que se apresenta a problematização, objetivos, relevância, delimitação e estrutura da pesquisa.

A segunda e terceira etapas ocorrem concomitantemente e apresentam as revisões, de literatura e sistemática. A revisão de literatura é exibida no Capítulo 2 e tem como propósito apresentar os principais conceitos que norteiam esta dissertação. A terceira etapa é apresentada no Capítulo 3, que apresenta uma revisão sistemática realizada com o objetivo de demonstrar,

quantitativa e qualitativamente, as contribuições das pesquisas recentes no contexto humanitário e BA com aplicações de PL.

A quarta etapa demonstra o desenvolvimento do modelo de localização. O modelo proposto busca determinar a melhor localização de um (ou mais) BA temporário no contexto de desastres de início súbito no estado do Paraná.

Na quinta etapa, realiza-se a coleta de dados, em que os parâmetros e dados para solução do modelo são apresentados e tratados. A sexta etapa consiste na implementação do modelo. Essa etapa ocorre simultaneamente com a etapa coleta de dados, pois é alimentada e ao mesmo tempo indica possíveis adaptações para o modelo. Ao final, a coleta de dados termina um pouco antes da implementação do modelo, porém, as etapas têm uma maior interação do que as outras.

A sétima etapa consiste na análise dos resultados provenientes da implementação do modelo. Nessa etapa são apresentados e analisados os resultados gerados pelo modelo nos seus diferentes cenários. Esses resultados são discutidos e assim serão desenvolvidas possíveis estratégias para cada cenário.

Na oitava etapa, os objetivos e a questão de pesquisa são revisitados para serem respondidos à luz do desenvolvimento e resultados obtidos. Nessa etapa, são destacadas as principais contribuições da pesquisa e as perspectivas para desenvolvimentos futuros.

4.2 CONSIDERAÇÕES PARA OS MODELOS

A Figura 13 apresenta os pontos considerados nos modelos de localização da Dissertação. A figura os divide em quatro grupos: Doadores, Banco de Alimentos Temporário e Pontos de Distribuição.

Figura 13 - Pontos considerados no modelo



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste modelo, os doadores têm a função de promover o abastecimento do BA temporário. Alguns pontos chave foram considerados no modelo desenvolvido. O primeiro ponto diz respeito à rede de fornecedores, a qual pode ser formada por organizações não governamentais, governamentais ou privadas. Na fase inicial, serão identificados os doadores que fazem parte da rede.

Outro ponto considerado consiste na localização dos doadores e suas respectivas distâncias e, conseqüentemente, o tempo máximo em relação aos candidatos a BA. Considerou-se, o princípio da LH que consiste em promover o fluxo de suprimentos humanitários no menor tempo possível, visando atender de forma eficiente e eficaz as pessoas atingidas por desastres. Dessa forma, foi definido um tempo máximo o transporte, recebimento dos doadores e distribuição para os pontos de distribuição. Ainda foram considerados os dados de tempo entre doadores, candidatos a BA e pontos de distribuição.

O último ponto considerado consiste na definição da capacidade de fornecimento de cada doador, considerando o tipo de produto, quantidade e frequência de reabastecimento. É importante que a capacidade de fornecimento total dos doadores seja suficiente para atender a necessidade de suprimentos demandada pelos pontos de distribuição.

O BA temporário pode ser considerado uma instalação que recebe, armazena, processa e expede os alimentos para os pontos de distribuição. BA temporários são caracterizados por

prover assistência humanitária em curto período de tempo, com o objetivo de promover a resiliência do local afetado por desastre. O BA temporário recebe os alimentos dos doadores e, normalmente, os embala em kits que, posteriormente, são distribuídos para as pessoas afetadas pelo desastre. É necessário que o local tenha uma capacidade de armazenar, por um curto período, os alimentos doados, assim como deve possuir espaço que possam ser estruturadas as operações logísticas de movimentação, armazenagem, separação, embalagem e expedição.

Na etapa de modelagem do problema de localização do BA temporário foi considerado o menor tempo de abastecimento em relação aos doadores. Nessa fase, foram considerados os dados históricos de desastres no estado do Paraná para definição das instalações candidatas.

As cidades identificadas com o maior número de pessoas atingidas por no estado do Paraná foram consideradas beneficiárias, denominadas aqui como pontos de distribuição do BA. Primeiramente, definiu-se o número de pontos de distribuição e suas respectivas localizações. No modelo proposto, os pontos de distribuição também possuem caráter temporário, cuja função consiste apenas em promover a distribuição dos kits de alimentos. Os pontos de distribuição devem estar dentro de um raio de cobertura com um tempo máximo estabelecido do BA temporário. E por fim, a demanda por alimentos nos pontos de distribuição foi estimada por meio do histórico de desastres no estado do Paraná, identificando-se o número de pessoas atingidas e considerando a garantia da segurança alimentar a essas pessoas.

4.3 COLETA DE DADOS

Os dados sobre desastres no estado do Paraná foram obtidos de fontes oficiais do governo do estado, de artigos científicos e do *Google Maps*. Primeiramente, apresenta-se um relato sobre o Sistema Informatizado de Defesa Civil (SISDC), que é alimentado pela Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC/PR) e apresenta os dados oficiais em relação a desastres. Posteriormente, apresenta-se a coleta de dados para implementação do modelo de localização.

4.3.1 Sistema informatizado da Defesa Civil do Paraná

Foram coletados os dados na Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná (CEDEC/PR), por meio do Sistema Informatizado de Defesa Civil (SISDC). Nesse sistema, são registradas as ocorrências de desastre no estado do Paraná com as seguintes informações: cidade, data do desastre, Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE),

pessoas afetadas e óbitos. A Figura 14 demonstra a página utilizada para realizar a pesquisa sobre ocorrência de desastres.

Figura 14 - Pesquisa de relatório de ocorrências

Fonte: (SISDC, 2020)

O SISDC gera relatórios de ocorrências, em formato pdf. O relatório é de fácil compreensão e de difícil manipulação. O relatório precisa ser tratado para converter em planilha eletrônica, no entanto, não apresenta uma fácil conversão. A Figura 15 apresenta um exemplo da planilha que foi desenvolvida a partir dos dados obtidos pelo SISDC.

Figura 15 - Exemplo da planilha de dados de desastre desenvolvida

Cidade	Ocorrência	Tipo	Data do Desastre	COBRADE	Pessoas Afetadas	Óbitos	Ano	Região
Adrianópolis	394/2011	Nopred	01/08/2011 16:00	Enxurradas	2.425	0	2011	7ª CORPDEC - Curitiba e RMC Norte
Agudos do Sul	624/2011	Nopred	26/11/2011 16:30	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	3	0	2011	6ª CORPDEC - São José dos Pinhais
Almirante Tamandaré	01/2011	Nopred	12/01/2011 22:00	Inundações	200	0	2011	7ª CORPDEC - Curitiba e RMC Norte
Almirante Tamandaré	85/2011	Nopred	03/03/2011 20:49	Deslizamentos	5	0	2011	7ª CORPDEC - Curitiba e RMC Norte
Almirante Tamandaré	525/2011	Nopred	23/10/2011 06:45	Deslizamentos	7	0	2011	7ª CORPDEC - Curitiba e RMC Norte
Almirante Tamandaré	365/2011	Nopred	01/08/2011 13:59	Enxurradas	3.000	0	2011	7ª CORPDEC - Curitiba e RMC Norte

Fonte: Adaptado SISDC (2020)

Os dados contidos no sistema têm início em 1980 e prosseguem até os dias atuais. Entretanto, até 2004 os dados apresentam muitas inconsistências, evidenciando-se alguns períodos em que não há informações disponíveis ou que as informações estão incompletas. Por isso, optou-se por utilizar os dados de desastre do estado do Paraná no período de 2004 até 2019, por apresentarem maior consistência.

4.3.2 Dados para o modelo de localização

Esta seção apresenta como foi realizada a coleta de dados necessário para o desenvolvimento do Modelo de Localização, conforme apresentado no Capítulo 6. Esses dados necessários são apresentados na Quadro 2.

Quadro 2 - Dados para o Modelo de Localização

Dados	Descrição
Doadores	Programa Mesa Brasil SESC Paraná
Instalações candidatas e Pontos de distribuição	CEDEC/PR, através do SISDC
Tempo entre doadores e localizações candidatas a receber a instalação de bancos de alimentos	Média obtida entre dois horários diferentes, no <i>Google Maps</i>
Tempo entre localizações candidatas a receber a instalação de bancos de alimentos e pontos de distribuição	Média obtida entre dois horários diferentes, no <i>Google Maps</i>
Tempo máximo entre doadores e bancos de alimentos	6 horas
Tempo máximo entre bancos de alimentos e pontos de distribuição	4 horas
Capacidade de doação por doador	Um caminhão <i>truck</i> (14 ton)
Capacidade de recebimento de doações do banco de alimentos	Demanda total dos pontos de distribuição
Demanda por ponto de distribuição	Número de pessoas afetadas; Quantidade de alimentos por pessoa; Garantia da segurança alimentar.

Fonte: Elaborado pelo autor

As organizações que fazem parte da rede do programa Mesa Brasil, do SESC, do estado do Paraná foram definidas neste estudo como os doadores de alimentos para o BA temporário. Esse programa conta com sete sedes no estado do Paraná, localizadas nas cidades de: Curitiba, Francisco Beltrão, Cascavel, Londrina, Guarapuava, Campo Mourão e Maringá (SESC/PR, 2021).

A definição dos pontos de distribuição e instalações candidatas é apresentada no Capítulo 5, de acordo com os dados da CEDEC/PR, obtidos por meio do SISDC.

Por sua vez, a definição do tempo entre os doadores e as localizações candidatas a receber o BA, bem como o tempo entre estas e os pontos de distribuição foram obtidos com o auxílio da ferramenta *Google Maps*. Primeiramente, foi elaborada uma matriz de distâncias e, com base nessas distâncias, essa matriz foi transformada em matriz de tempo. Os tempos entre doadores, localizações candidatas e pontos de distribuição foram coletados em três horários diferentes e, deste modo, foi calculada a média dos tempos. A média dos tempos foi então

definida como dado de entrada para os modelos desenvolvidos.

O tempo máximo do raio de cobertura entre o doador e o banco de alimentos e entre o banco de alimentos e os pontos de distribuição foram definidos como 6 e 4 horas, respectivamente. Existe um tempo para o recebimento de doações, preparação dos kits e distribuição. O tempo entre os doadores e os bancos de alimentos é maior por estarem mais distantes.

A capacidade de doação foi estabelecida considerando-se a capacidade de transporte de um caminhão *truck* de 14 toneladas.

A capacidade de recebimento de doações dos bancos de alimentos foi definida como sendo igual a demanda total dos pontos de distribuição.

Para definição da demanda, foram necessários dois dados: o número de pessoas afetadas por desastres (dados históricos) e a quantidade de alimentos necessária para garantir a segurança alimentar, por pessoa. Essa demanda foi definida de acordo com os dados dos pontos de distribuição.

A definição da quantidade de pessoas afetadas por ponto de distribuição foi definida a partir dos dados da CEDEC/PR por meio do SISDC.

Para o estabelecimento da quantidade de alimentos necessária por pessoas afetadas foram consideradas duas referências. A primeira foi a de Lima *et al.* (2014), em que os autores definem kits necessários de acordo com o tipo de desastres. Esse artigo define os seguintes kits: cesta básica, produtos de limpeza, higiene pessoal, água e acomodações para solteiros (composto por colchonete, lençol e cobertor). Para esta dissertação que considera a instalação de um (ou mais) BA temporário para atendimento de desastres de início súbito considerou-se os kits de água potável e de cesta básica.

Para água potável foram considerados dois litros de água por pessoa afetada, por dia de fornecimento. Quanto ao kit de cesta básica, foram utilizados os dados de cesta básica definidos pelo Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2016). Essa publicação demonstra os requisitos para a definição dos itens e quantidades que compõem as cestas básicas em cada região do Brasil. Considerando os dados dessa publicação para o estado do Paraná, definiu-se que o kit de cesta básica é composto por 2,637 kg, por pessoa afetada por dia de fornecimento.

Com a quantidade de pessoas afetadas multiplicada pela quantidade de alimentos demandados em kg foi obtida a demanda de cada cidade, por pessoa afetada. Essa demanda é apresentada no Capítulo 6.

4.4 RESUMO DO CAPÍTULO

O capítulo descreve a classificação da metodologia da pesquisa e se desenvolve com o fluxograma da pesquisa apresentada na dissertação. O fluxograma da pesquisa apresenta as etapas de desenvolvimento da dissertação.

Ao longo do capítulo são discutidas as considerações iniciais do modelo de localização. As considerações são divididas em três grupos Doadores, Banco de Alimentos Temporário e Pontos de Distribuição.

Por fim, o capítulo se encerra com a discussão sobre a coleta de dados. Primeiramente, apresenta-se a etapa de coleta de dados no SISDC, sistema da CEDEC/PR, onde são encontrados os dados de desastre do estado do Paraná. Esse sistema registra as ocorrências por cidade com a data, o COBRADE, o número de pessoas afetadas e óbitos. Ainda são abordados os procedimentos para a definição de outros dados utilizados para o modelo de localização.

5

ESTUDO DE CASO

Para Yin (2001), o estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Neste capítulo são apresentados os doadores, através do programa Mesa Brasil SESC, utilizados no modelo de localização. Posteriormente, uma breve contextualização com o panorama de desastres do estado do Paraná para definição da região estudada e das cidades que serão consideradas candidatas a instalação do BA temporário e pontos de distribuição. Por fim, os dados de entrada utilizados no modelo de localização.

5.1 PROGRAMA MESA BRASIL SESC PARANÁ

O Serviço Social do Comércio (SESC) foi fundado em 1946, pelo então presidente da república Eurico Gaspar Dutra. Atualmente, possui mais de 580 unidades e sua missão é “promover ações socioeducativas que contribuam para o bem-estar social e a qualidade de vida dos trabalhadores do comércio de bens, serviços e turismo, de seus familiares e da comunidade, para uma sociedade justa e democrática” (SESC, 2021).

Desde os anos 90 o SESC possuía BA nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Pernambuco. Em 2003, com a fome e desigualdade social como pauta no governo brasileiro, o SESC cria o programa Mesa Brasil SESC em todos os estados. O objetivo consiste em organizar uma rede nacional contra a fome e o desperdício com parcerias com comércio e a indústria alimentícia, distribuindo para entidades assistenciais (SESC, 2021).

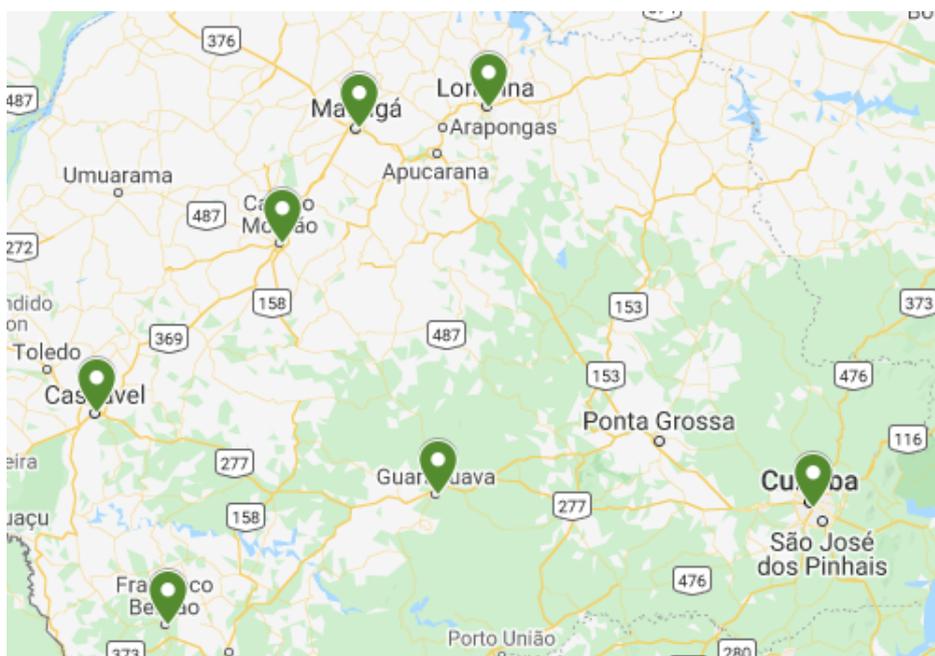
O programa funciona de forma simples por meio de doações de mais de 3 mil doadores, entre eles produtores rurais, atacadistas e varejistas, centrais de distribuição e abastecimento e indústrias de alimentos, além de empresas de diversos ramos de atividade. As doações vão de excedentes de produção, alimentos fora dos padrões, mas em condições seguras, próprios para o consumo até recursos financeiros, serviços de logística e ação voluntária (Mesa Brasil SESC, 2021).

O Mesa Brasil SESC atende mais de 6 mil entidades cadastradas que assistem pessoas em situação de vulnerabilidade social e nutricional. Embora, o programa não forneça refeições integralmente, ele completa e reforça a alimentação existente. Em 2008, o Mesa Brasil SESC começou a atuar em ações emergências com um trabalho de logística humanitária reunindo parceiros, arrecadando e distribuindo doações para pessoas afetadas por desastres no país (Mesa Brasil SESC, 2021).

Em 2020, o Mesa Brasil SESC Paraná atendeu 250 mil pessoas em 86 cidades no estado do Paraná. O programa apresenta 7 sedes espalhadas pelo estado em Curitiba, Francisco Beltrão, Cascavel, Londrina, Cascavel, Londrina, Guarapuava, Campo Mourão e Maringá (SESC/PR, 2021).

A Figura 16 localiza no mapa as 7 sedes do programa Mesa Brasil SESC Paraná.

Figura 16 - Mapa com as sedes do Mesa Brasil SESC Paraná



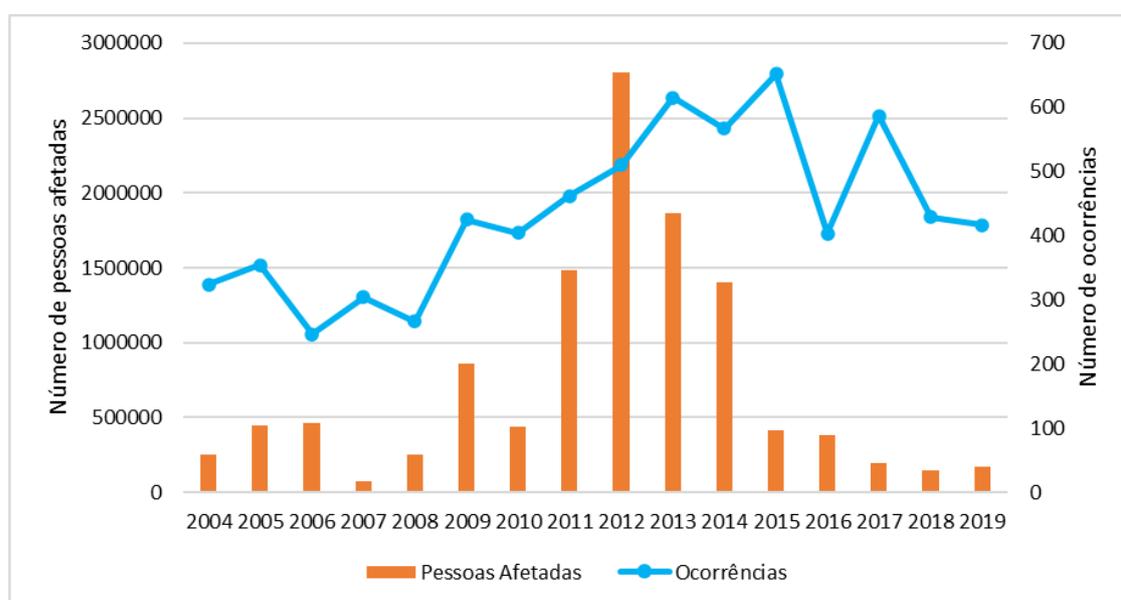
Fonte: Elaborado pelo autor

As sete sedes do programa Mesa Brasil SESC Paraná são consideradas no modelo como os possíveis doadores para os candidatos a BA temporário.

5.2 PANORAMA DE DESASTRES NO ESTADO DO PARANÁ

De acordo com os dados de desastres da CEDEC/PR, foram realizados três gráficos que possibilitam analisar o número de pessoas afetadas e o número de ocorrências de desastres. A Figura 17 apresenta o gráfico que demonstra a evolução dos desastres no estado do Paraná, no período compreendido de 2004 até 2019.

Figura 17 - Gráfico do número de pessoas afetada e ocorrências por ano

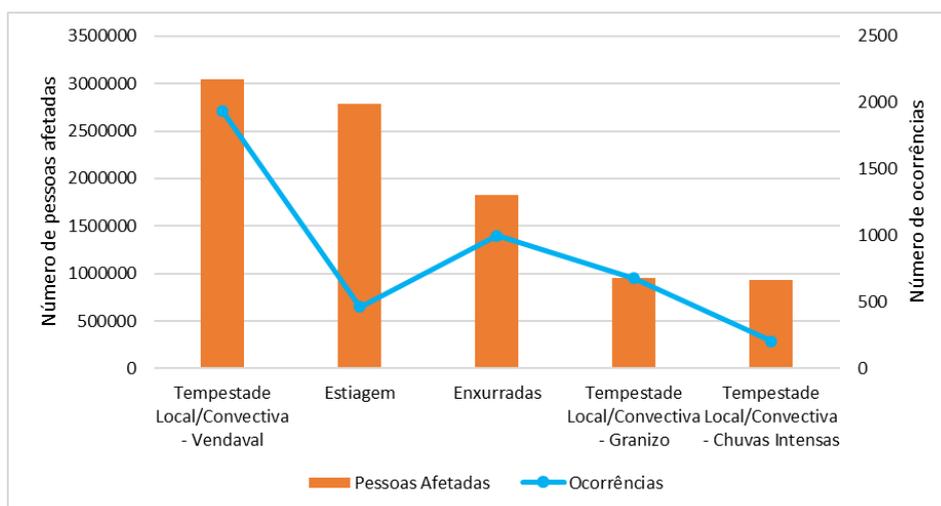


Fonte: Elaborado pelo autor

É possível notar que o número de pessoas afetadas foi maior no período compreendido entre 2011 até 2014, apresentando um pico em 2012 com 2,8 milhões de pessoas afetadas. Uma análise qualitativa dos relatórios demonstra que os principais desastres que ocorreram em 2012 foram caracterizados como estiagem e vendavais, os quais atingiram, respectivamente, mais de 1,5 e 1 milhão de pessoas. Essa análise também permite evidenciar a ocorrência de outros desastres em 2012, caracterizados como enxurradas e granizos. Entretanto, no ano de 2015 foram relatadas mais de 100 ocorrências de enxurradas, vendavais e granizos em cada modalidade, contribuindo para os maiores números nas regiões de Ponta Grossa e Francisco Beltrão, embora que a região de Foz do Iguaçu tenha apresentado o maior número de pessoas afetadas.

O gráfico apresentado na Figura 18 demonstra o número de pessoas afetadas e ocorrências por tipo de desastre (COBRADE), desde 2004 até 2019. Os cinco desastres registrados contribuíram para mais de 9,5 milhões de pessoas afetadas e 4.280 ocorrências. Isto representa mais de 80% e 60%, respectivamente, das cerca de 11,6 milhões de pessoas afetadas e 6.965 ocorrências registradas no estado do Paraná de 2004 até 2019.

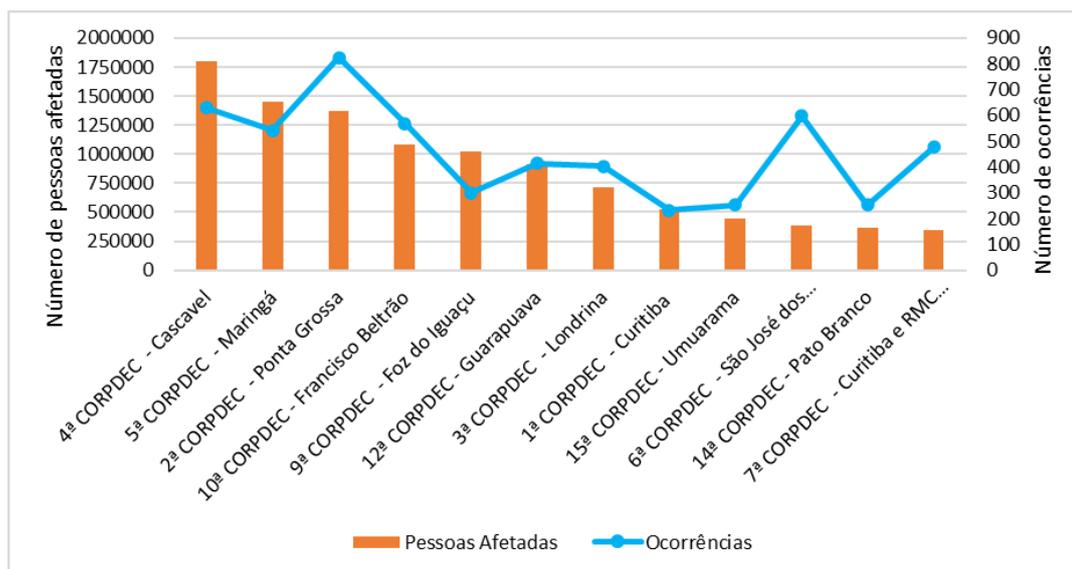
Figura 18 - Gráfico do número de pessoas afetadas e ocorrência por tipo de desastre



Fonte: Elaborado pelo autor

A CEDEC/PR divide o estado do Paraná em 18 coordenadorias regionais, denominadas de Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil (CORPDEC). Na Figura 19 é exibido o gráfico com número de pessoas afetadas, do maior para o menor, e ocorrências de desastres no estado do Paraná, de acordo com cada CORPDEC, no período de 2004 até 2019.

Figura 19 - Gráfico do número de pessoas afetadas e ocorrência por CORPDEC



Fonte: Elaborado pelo autor

A CORPDEC Cascavel apresenta o maior número de pessoas afetadas por desastres com quase 1,8 milhões, sendo que quase 750 mil são de pessoas afetadas pela estiagem de 2012. A CORPDEC Ponta Grossa aparece com o maior número de ocorrências caracterizadas como vendaval e transporte de produtos perigosos rodoviário, contabilizando cerca de 200 ocorrências cada. Embora tenha um número de ocorrências alto, os desastres com o transporte de produtos perigosos não afetam tantas pessoas quanto a ocorrência de vendaval, a qual atingiu cerca de 15 vezes mais pessoas.

A Tabela 5 apresenta as regiões com maior número de pessoas afetadas e ocorrências de desastres, entre os anos de 2004 e 2019, por desastres de início súbito.

Tabela 5 - Regiões com maior número de pessoas afetadas por desastres início súbito

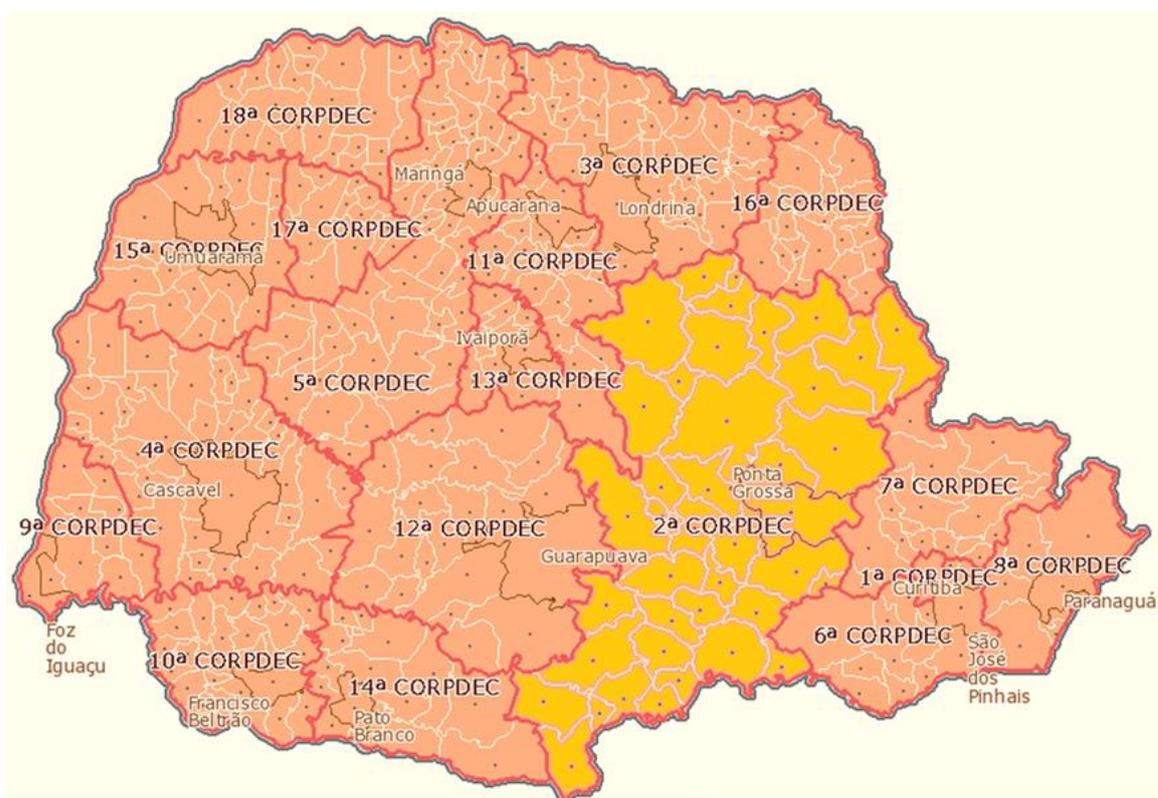
Região	Pessoas Afetadas	Ocorrências
2ª CORPDEC - Ponta Grossa	1.124.233	776
5ª CORPDEC - Maringá	1.057.713	445
4ª CORPDEC - Cascavel	910.287	511
9ª CORPDEC - Foz do Iguaçu	773.872	244
3ª CORPDEC - Londrina	670.579	357
12ª CORPDEC - Guarapuava	628.911	375
1ª CORPDEC - Curitiba	491.487	208
10ª CORPDEC - Francisco Beltrão	382.020	417
6ª CORPDEC - São José dos Pinhais	355.312	565

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as informações obtidas nas análises demonstradas acima, definiu-se que a região a ser estudada nesta dissertação corresponde à Coordenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil - Ponta Grossa (2ª CORPDEC - Ponta Grossa), devido ao elevado número de pessoas afetadas durante os últimos anos e a frequência de ocorrência de desastres de início súbito. Fazem parte dessa região 40 cidades e são elas: Antônio Olinto, Arapoti, Bituruna, Carambeí, Castro, Cruz Machado, Curiúva, Fernandes Pinheiro, Figueira, General Carneiro, Guamiranga, Imbaú, Imbituva, Inácio Martins, Ipiranga, Irati, Ivaí, Jaguariaíva, Mallet, Ortigueira, Palmeira, Paula Freitas, Paulo Frontin, Pirai Do Sul, Ponta Grossa, Porto Amazonas, Porto Vitoria, Prudentópolis, Rebouças, Reserva, Rio Azul, São João do Triunfo, São Mateus Do Sul, Sapopema, Sengés, Teixeira Soares, Telêmaco Borba, Tibagi, União da Vitoria, Ventania.

A região estudada, 2ª CORPDEC - Ponta Grossa, é destacada no mapa da Figura 20.

Figura 20 - Mapa da divisão da defesa civil com destaque para a 2ª CORPDEC



Fonte: Adaptado de CEDEC/PR (2020)

A Tabela 6 apresenta as 10 cidades da região de Ponta Grossa com maior número de pessoas afetadas e ocorrências por desastres de início súbito, entre 2004 até 2019. Essas cidades

foram consideradas como os pontos de distribuição para o BA, assim como candidatas para a instalação do BA.

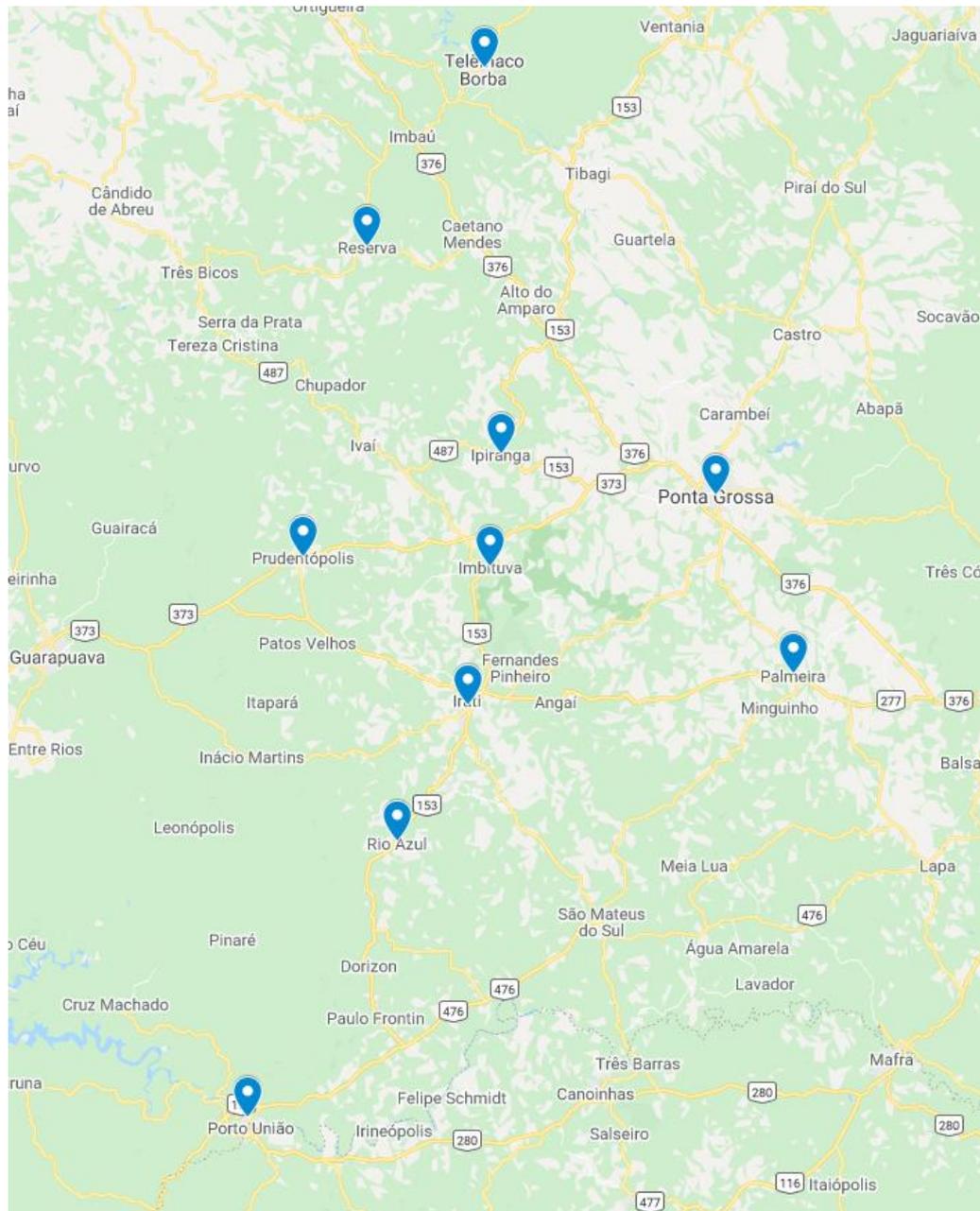
Tabela 6 - 10 cidades com maior número de pessoas afetadas e ocorrências de desastres (2ª CORPDEC - Ponta Grossa)

Cidade	Pessoas Afetadas	Ocorrências
Ponta Grossa	262.571	122
Prudentópolis	185.724	48
Irati	160.470	56
União da Vitória	88.665	39
Telêmaco Borba	69.020	22
Rio Azul	38.467	13
Ipiranga	29.717	11
Imbituva	22.617	17
Palmeira	21.773	21
Reserva	21.449	23

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa apresentado na Figura 21, exibe a localização das 10 cidades que foram consideradas localizações candidatas para receber a instalação do banco de alimentos e os pontos de distribuição.

Figura 21 - Localização das 10 cidades com maior ocorrência de desastres da 2ª CORPDEC



Fonte: Elaborado pelo autor

Estas dez cidades foram consideradas:

- i. localizações candidatas a receber a instalação de um ou mais BA;
- ii. pontos de distribuição para o BA.

5.3 DADOS DE ENTRADA

Os dados de entrada utilizados no modelo de localização serão brevemente

desenvolvidos. A Tabela 7 apresenta um resumo dos dados de entrada considerados no problema.

Tabela 7 - Dados de entrada do modelo de localização

Dados de entrada	
Tempo máximo entre doador e banco de alimento	6 horas, 360 minutos
Tempo máximo entre banco de alimentos e ponto de distribuição	4 horas, 240 minutos
Matriz de tempos	Apêndice A
Matriz binária	Apêndice A
Capacidade de doação	14000 kg
Capacidade da instalação	62000 kg

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 7 começa apresentando o tempo máximo entre doadores e o BA e entre o BA e o ponto de distribuição, que assim como apresentado no Capítulo 4, é de 6 horas ou 360 minutos e 4 horas ou 240 minutos, respectivamente.

As matrizes de tempos constam no Apêndice A, tanto entre os doadores e os candidatos a instalação do BA, como entre os candidatos a instalação do BA e pontos de distribuição.

A matriz binária, que se encontra no Apêndice A, foi construída com a matriz de tempo e o tempo máximo entre doadores/pontos de distribuição e os candidatos a instalação do BA. Na matriz binária quando o tempo for menor ou igual ao tempo máximo, esse elemento é igual a 1, caso contrário, esse elemento será igual a 0 na matriz binária.

A capacidade de doação, assim como abordada no capítulo 4 é de 14 mil quilogramas, levando em consideração a capacidade de um caminhão *truck* e, considera-se que cada doador envia um caminhão *truck* para o BA, por dia.

A capacidade de recebimento de cada instalação foi considerada sendo 62 mil quilogramas que corresponde à quantidade total demandada nos pontos de distribuição. A Tabela 8 apresenta a demanda por ponto de distribuição.

Tabela 8 - Demanda por ponto de distribuição

Ponto de distribuição	População afetada	Ocorrência	Pes. Afe. por Ocorrência	Demanda diária (Kg)
Ponta Grossa	262.571	122	2.153	5.677
Prudentópolis	185.724	48	3.870	10.205
Irati	160.470	56	2.866	7.558
União da Vitória	88.665	39	2.274	5.997
Telêmaco Borba	69.020	22	3.138	8.275
Rio Azul	38.467	13	2.959	7.803
Ipiranga	29.717	11	2.702	7.125
Imbituva	22.617	17	1.331	3.510
Palmeira	21.773	21	1.037	2.735
Reserva	21.449	23	933	2.460
Soma	900.473	372	23.263	61.345

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a quantidade total de pessoas afetadas e ocorrências de desastre por cidade, foi calculada a média de pessoas afetadas por ocorrência. Como foi discutido na seção 4.3.2 do capítulo 4, foi definido que uma pessoa necessita de 2,637 kg de alimentos e água potável por dia. Então multiplicando-se a quantidade de pessoas afetadas por ocorrência pela quantidade necessária de alimentos por dia de uma pessoa tem-se a demanda diária de alimentos por ocorrência de cada cidade.

5.4 RESUMO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou a definição os doadores, que consiste na rede formada pelas sete unidades que fazem parte do programa Mesa Brasil SESC no estado do Paraná. O capítulo também apresenta a escolha da 2ª CORPDEC - Ponta Grossa como a região definida para o estudo de caso, devido ao elevado número de ocorrências e ao número de pessoas afetadas por desastres de início súbito, sendo selecionadas as 10 cidades.

A Tabela 9 resume as principais definições realizadas neste capítulo em relação aos doadores, cidades candidatas e pontos de distribuição.

Tabela 9 - Doadores, cidades candidatas e pontos de distribuição

Doadores	Cidades Candidatas	Pontos de distribuição
Mesa Brasil SESC - Curitiba	Ponta Grossa	Ponta Grossa
Mesa Brasil SESC - Francisco Beltrão	Prudentópolis	Prudentópolis
Mesa Brasil SESC - Cascavel	Irati	Irati
Mesa Brasil SESC - Londrina	União da Vitória	União da Vitória
Mesa Brasil SESC - Guarapuava	Telêmaco Borba	Telêmaco Borba
Mesa Brasil SESC - Campo Mourão	Rio Azul	Rio Azul
Mesa Brasil SESC - Maringá	Ipiranga	Ipiranga
	Imbituva	Imbituva
	Palmeira	Palmeira
	Reserva	Reserva

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o capítulo apresenta os dados de entrada que serão utilizados no modelo de localização, por meio das Tabela 7 e Tabela 8. Definiu-se o tempo máximo entre os trajetos, a capacidade da instalação e doação e demandas de cada ponto de distribuição.

6

MODELO DE LOCALIZAÇÃO PARA BANCO DE ALIMENTOS TEMPORÁRIO

Neste Capítulo são apresentados os modelos propostos para a localização do Banco de Alimentos temporário, os resultados obtidos por meio da implementação dos modelos e a análise dos resultados.

6.1 MODELO DE LOCALIZAÇÃO

De acordo com a definição dos dados de entrada, foram desenvolvidos três modelos inéditos de localização por meio da adaptação do modelo de p -mediana de Owen e Daskin (1998) e cobertura de conjuntos de Davis *et al.* (2014), apresentados na revisão de literatura e sistemática, respectivamente. Além disso, os modelos foram elaborados no contexto da logística humanitária, com ênfase em um BA temporário.

O Modelo 1 leva em consideração a função objetivo do modelo de Owen e Daskin (1998) que é um modelo de p -mediana, principalmente, porque o foco é conseguir realizar todas as atividades de transporte no menor tempo possível, considerando o contexto da Logística Humanitária. O Modelo 1 ainda considera parâmetros e restrições inspirados no modelo de Davis *et al.* (2014), que consiste em um modelo de cobertura de conjuntos. Sobretudo, os parâmetros α_{ij} e α_{jk} , que são mais detalhados na explicação do Modelo 1, os quais permitem garantir que a localização dos doadores e os pontos de distribuição estejam restritos por uma distância máxima em relação ao BA temporário.

O Modelo 2 apresenta três inclusões ao modelo original, a saber: a capacidade de doação, a capacidade da instalação e a demanda. Para tanto, o Modelo 2 faz o acréscimo de restrições para garantir que a quantidade doada seja a menor ou igual a capacidade da instalação escolhida e para garantir que cada instalação aberta atenda a demanda de todos os pontos de distribuição ligados a ela.

O Modelo 3 tem como base o Modelo 2, que considera a inclusão de uma variável inteira, que resulta na quantidade doada por doador.

A localização temporária ótima, de tempo mínimo, do BA será dada através da resolução dos modelos matemáticos propostos com o *input* dados de entrada apresentado no capítulo 5.

Os modelos de localização desenvolvidos foram implementados na linguagem Python, utilizando a biblioteca de Gurobi™ Optimizer 9.0.3. O computador usado nos testes possui processador Intel Core i3-7020U 2.3 GHz, 8 GB de memória RAM e sistema operacional Windows.

6.1.1 Modelo 1

O Modelo 1 consiste em uma adaptação de dois modelos apresentado na revisão de literatura e revisão bibliográfica sistemática, os modelos de p -mediana e Davis *et al.* (2014). A função objetivo (23) e a restrição (24) foram incorporadas do modelo de Owen e Daskin (1998), que apresentam um modelo de p -mediana. As restrições (25) e (26) foram inspiradas no modelo de Davis *et al.* (2014), que é baseado no modelo de cobertura de conjuntos. O Modelo 1 é apresentado a seguir.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j T_{ij} Y_{ij} + \sum_j \sum_k T_{jk} W_{jk} \quad (23)$$

Sujeito a:

$$\sum_j X_j = P, \quad (24)$$

$$\sum_j \alpha_{ij} Y_{ij} = X_j D \quad \forall j, \quad (25)$$

$$\sum_j \alpha_{jk} X_j W_{jk} = 1 \quad \forall k, \quad (26)$$

$$X_j, Y_{ij}, W_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k. \quad (27)$$

Onde, índices:

i = índice do conjunto de doadores

j = índice do conjunto de instalações candidatas
 k = índice do conjunto de pontos de distribuição

Variáveis de decisão:

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{se } j \text{ instalação for aberta,} \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o doador } i \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$W_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se o ponto de distribuição } k \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

Parâmetros:

P = Número de instalações a serem localizadas

D = Número de doadores que a instalação vai receber

T_{ij} = Tempo entre o doador i e a instalação candidata j

T_{jk} = Tempo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição k

T_{ijmax} = Tempo máximo entre a o doador i e a instalação candidata j

T_{jkmax} = Tempo máximo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{ij} \leq T_{ijmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$\alpha_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{jk} \leq T_{jkmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

No modelo foram considerados os índices: i representa o conjunto de potenciais doadores, j é o conjunto de instalações candidatas para a localização do BA temporário e k é o conjunto de pontos de distribuição de alimentos.

Para variáveis de decisão foram considerados três conjuntos de variáveis binárias. A variável X_j é um vetor binário, que representa se a instalação j é escolhida ou não. A variável Y_{ij} é uma matriz binária que simboliza se o doador i envia para a instalação candidata j . A variável W_{jk} , é uma matriz binária que caracteriza se o a instalação j distribui para o ponto de distribuição k .

Os parâmetros são valores fixos conhecidos, que são extraídos por meio de coleta de dados ou definidos a depender do que se deseja analisar. Pode-se destacar os parâmetros α_{ij} e α_{jk} , que representam uma adaptação do problema de cobertura de conjuntos utilizado por Davis *et al.* (2014). Estes parâmetros consistem em matrizes binária que representam se o doador i está dentro de um tempo máximo de distância da instalação candidata j e se a instalação j está dentro de um tempo máximo de distância do ponto de distribuição k .

A função objetivo (23) foi proposta com o propósito de conseguir o menor tempo possível entre as instalações candidatas e os doadores e pontos de distribuições, escolhendo a

instalação com melhor localização na média, essa função é similar ao modelo de p -mediana apresentada no Capítulo 2.

A restrição (24) é a mesma utilizada nos problemas de p -mediana e garante que o número de instalações abertas é igual a P , que é definido pelo tomador de decisão.

A restrição (25) é utilizada para assegurar que somente uma instalação candidata aberta poderá receber doações; que só será utilizado um caminho, entre doador e instalação candidata, se ele estiver coberto por um raio dentro de um tempo máximo ($\alpha_{ij} = 1$); e que a instalação candidata irá receber de D doadores. O D serve para definir de quantos doadores a instalação escolhida vai receber doações, principalmente porque neste modelo não é utilizada a capacidade de doação, instalação nem a demanda dos pontos de distribuição.

A restrição (26) garante que somente uma instalação candidata aberta poderá distribuir para os pontos de distribuição; que só será utilizado um caminho, entre instalação candidata e ponto de distribuição, se ele estiver coberto por um raio dentro de um tempo máximo ($\alpha_{jk} = 1$); e que cada ponto de distribuição será atendido por uma instalação. Devido à complexidade de operações humanitárias e à falta de recursos que são relatadas, essa restrição foi implementada considerando que cada ponto de distribuição só será visitado uma vez e, como todos tem que receber as doações, que cada ponto de distribuição tem que ser visitado.

A restrição (27) apresenta a declaração de que as variáveis de decisão são todas binárias.

6.1.1.1 Resultados do Modelo 1

Implementou-se o Modelo 1, de acordo com os dados de entrada exibidos no Capítulo 5. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados Modelo 1

Resultados										
Função objetivo (min)	845,5									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj					Yij	Imbituva			
Imbituva	1					Sesc -Guarapuava	1			
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Imbituva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor

O Modelo 1 leva em consideração o tempo entre os doadores, a instalação do BA e os

pontos de distribuição. Tal modelo não leva em consideração a demanda ou capacidade e as restrições obrigam a atender todas as demandas e a receber de um doador.

A instalação candidata definida pelo Modelo 1 para receber a instalação do BA foi Imbituva e, do mesmo modo, o doador definido pelo Modelo 1 foi o SESC Guarapuava. De acordo com os resultados, o BA deve atender os dez pontos de distribuição.

O resultado da função objetivo foi de 845,5 minutos (aproximadamente 14 horas). Este tempo representa o tempo mínimo da soma entre todos os tempos, que compreende o tempo do SESC Guarapuava até Imbituva e os tempos desde Imbituva até os dez pontos de distribuição. O Quadro 4 apresenta o detalhamento dos tempos parciais, em minutos, considerando toda a cadeia de assistência do BA temporário.

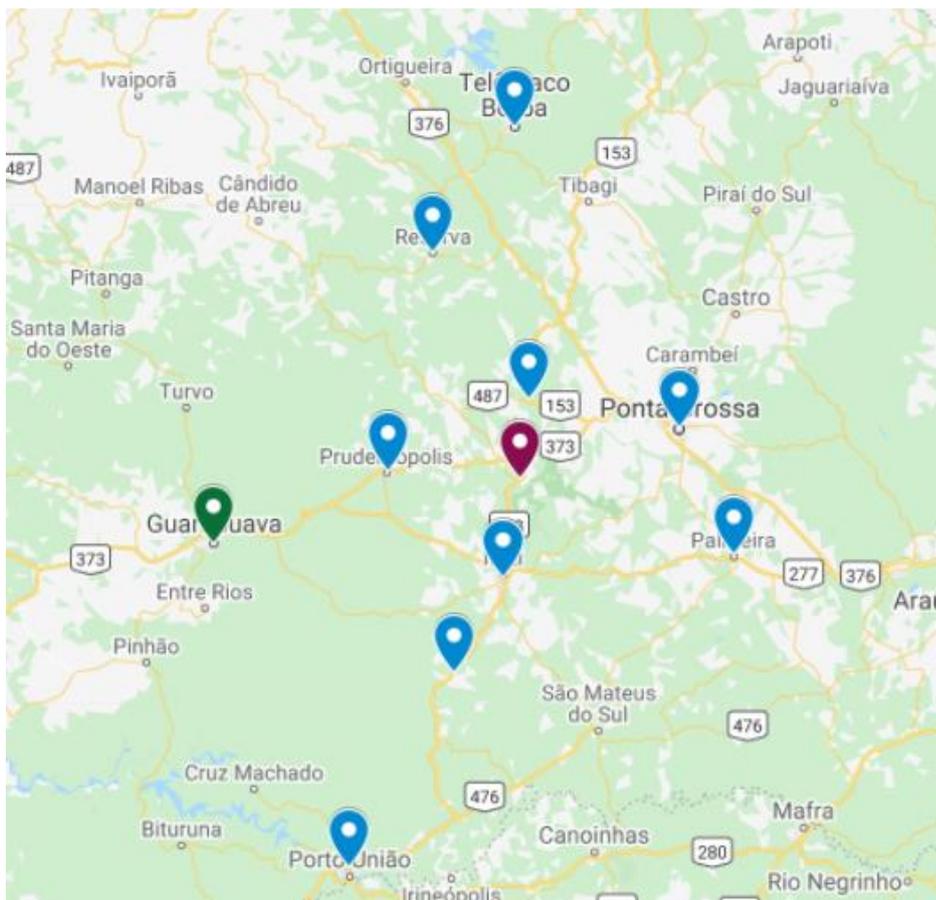
Quadro 4 - Tempo Modelo 1

Doadores				Pontos de distribuição				
De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)	De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)	
Sesc - Guarapuava	Imbituva	110,0	≤ 360	Imbituva	Ponta Grossa	65,5	≤ 240	
Total		110,0	-	Imbituva	Prudentópolis	45,5	≤ 240	
				Imbituva	Irati	33,0	≤ 240	
				Imbituva	União da Vitória	142,5	≤ 240	
				Imbituva	Telêmaco Borba	143,5	≤ 240	
				Imbituva	Rio Azul	64,0	≤ 240	
				Imbituva	Ipiranga	45,0	≤ 240	
				Imbituva	Imbituva	0,0	≤ 240	
				Imbituva	Palmeira	80,5	≤ 240	
				Imbituva	Reserva	116,0	≤ 240	
						Total	735,5	-
				Tempo total (min)				845,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados do Modelo 1 são apresentados em forma de mapa na Figura 22.

Figura 22 - Mapa do Modelo 1



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa, apresentado na Figura 22, representa a localização de cada ponto resultante do Modelo 1. O ponto verde representa o doador SESC Guarapuava, que foi escolhido para ser o doador do BA. O ponto de cor roxa no mapa representa a cidade de Imbituva escolhida para localizar o BA. Os pontos em azul estão associados aos pontos de distribuição atendidos pelo BA.

6.1.2 Modelo 2

O Modelo 2 apresenta como referência o Modelo 1, com acréscimo de algumas adaptações que consistem na inclusão das capacidades de doações, das instalações, da demanda, dos pontos de distribuição. O Modelo 2 é apresentado a seguir.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j T_{ij} Y_{ij} + \sum_j \sum_k T_{jk} W_{jk} \quad (28)$$

Sujeito a:

$$\sum_j X_j = P, \quad (29)$$

$$\sum_i \alpha_{ij} Y_{ij} \geq X_j \quad \forall j, \quad (30)$$

$$\sum_j \alpha_{jk} X_j W_{jk} = 1 \quad \forall k, \quad (31)$$

$$\sum_j Y_{ij} \leq 1 \quad \forall i, \quad (32)$$

$$\sum_i Do_i Y_{ij} \leq Cl_j X_j \quad \forall j, \quad (33)$$

$$\sum_k De_k W_{jk} \leq \sum_i Do_i Y_{ij} \quad \forall j, \quad (34)$$

$$X_j, Y_{ij}, W_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k. \quad (35)$$

Onde, índices:

i = Índice do conjunto de doadores

j = Índice do conjunto de instalações candidatas

k = Índice do conjunto de pontos de distribuição

Variáveis de decisão:

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{se } j \text{ instalação for aberta,} \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o doador } i \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$W_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se o ponto de distribuição } k \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

Parâmetros:

P = Número de instalações a serem localizadas

Cl_j = Capacidade da instalação j

Do_i = Quantidade doada pelo doador i

De_k = Quantidade demandada em cada ponto de distribuição k

T_{ij} = Tempo entre o doador i e a instalação candidata j

T_{jk} = Tempo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição k

T_{ijmax} = Tempo máximo entre a o doador i e a instalação candidata j

T_{jkmax} = Tempo máximo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{ij} \leq T_{ijmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$\alpha_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{jk} \leq T_{jkmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

No Modelo 2, os índices, as variáveis de decisões, a função objetivo (28) e as restrições (29), (31) e (35) permaneceram as mesmas do Modelo 1.

Nos parâmetros foram acrescentados Do_i , CI_j e De_k , que representam a capacidade de doação do doador i , a capacidade da instalação j e a demanda dos pontos de distribuição k , respectivamente. O parâmetro D , número de doadores, foi excluído, pois a quantidade de doadores necessários será determinada pela demanda nos pontos de distribuição e as capacidades de doações e das instalações.

A restrição (30) assegura que quando uma instalação for aberta ela receberá doações de pelo menos um dos doadores. O parâmetro α_{ij} garante que quando o caminho for utilizado, ele estará coberto por um raio dentro de um tempo máximo.

Diferente do Modelo 1 em que o tomador de decisão decide quantos doadores o problema vai resultar, esta restrição não delimita a quantidade de doadores. No Modelo 2 a quantidade de doadores é definida pela demanda e capacidade de doação dos doadores.

A restrição (32) assegura que cada doador irá doar para, no máximo, uma instalação escolhida. Devido à escassez de mão de obra e veículos para realizar transportes na logística humanitária e à escassez de orçamento, essa restrição estabelece um limite para que cada doador atenda, no máximo, uma instalação, podendo ser adaptada dependendo do contexto.

A restrição (33) garante que a soma da capacidade de doação dos doadores para uma instalação candidata aberta é menor ou igual a capacidade total da instalação candidata aberta. Esta restrição considera que cada doador poderá doar até o limite de sua capacidade para a instalação aberta.

A restrição (34) assegura que toda demanda atribuída a uma instalação aberta é menor ou igual a soma da capacidade de doação de todos os doadores da instalação. Esta restrição assegura doações suficientes para atender a demanda dos pontos de distribuição.

6.1.2.1 Resultados do Modelo 2

O Modelo 2 foi implementado duas vezes. Na primeira implementação considerou-se a abertura de uma instalação, P igual a 1e, a segunda implementação não limitou a quantidade de instalações abertas, retirando-se, desta forma, a restrição (32).

O Quadro 5 apresenta os resultados do Modelo 2 para uma única instalação aberta ($P=1$).

Quadro 5 - Resultados do Modelo 2, para $P = 1$

Resultados										
Função objetivo (min)	1821,5									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj				Yij	Imbituva				
Imbituva	1				Sesc - Curitiba	1				
					Sesc - Francisco Beltrão	1				
					Sesc - Londrina	1				
					Sesc - Guarapuava	1				
					Sesc - Campo Mourão	1				
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Imbituva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor

O Modelo 2, adiciona restrições como capacidade de doação e da instalação e demanda dos pontos de distribuição.

A instalação candidata definida por este modelo inicial foi a de Imbituva, assim como no modelo passado. Entretanto, a instalação passa a receber doações provenientes de cinco doadores, são eles os SESC's: Curitiba, Francisco Beltrão, Londrina, Guarapuava e Campo Mourão. Assim como no Modelo 1, o BA continua atendendo todos os pontos de distribuição.

Para $P = 1$, o valor mínimo da função objetivo foi de 1821,5 min (aproximadamente 30 horas). O valor refere-se ao tempo mínimo obtido pela soma entre todos os tempos dos doadores até Imbituva e de Imbituva para todos os pontos de distribuição.

O Quadro 6 apresenta o detalhamento dos tempos parciais, em minutos, considerando toda a cadeia de assistência do BA temporário.

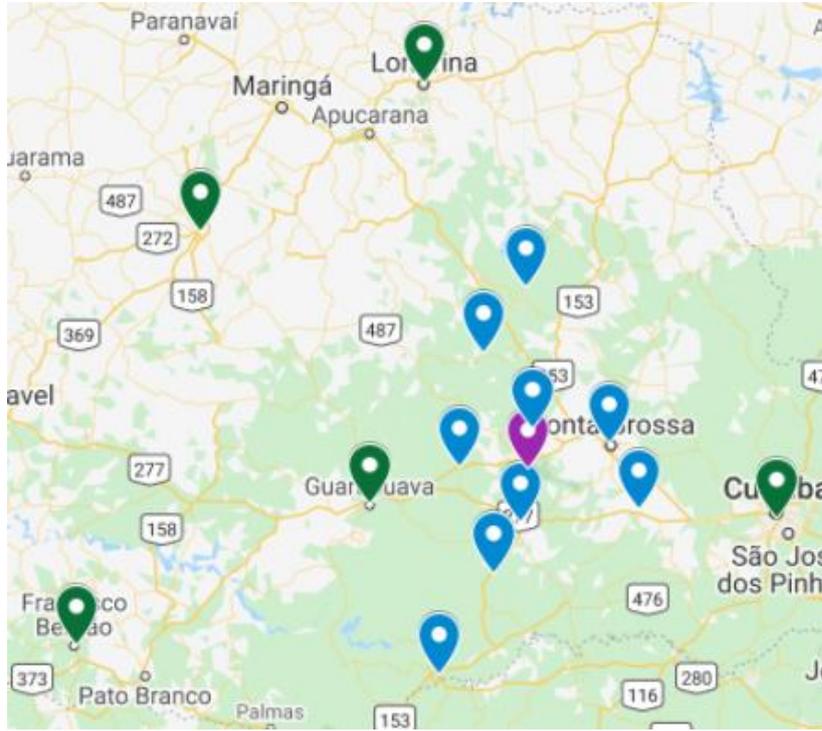
Quadro 6 - Tempo Modelo 2, $P = 1$

Doadores				Pontos de distribuição			
De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)	De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)
Sesc - Curitiba	Imbituva	158,5	≤ 360	Imbituva	Ponta Grossa	65,5	≤ 240
Sesc - Francisco Beltrão	Imbituva	280,0	≤ 360	Imbituva	Prudentópolis	45,5	≤ 240
Sesc - Londrina	Imbituva	266,5	≤ 360	Imbituva	Irati	33,0	≤ 240
Sesc - Guarapuava	Imbituva	110,0	≤ 360	Imbituva	União da Vitória	142,5	≤ 240
Sesc - Campo Mourão	Imbituva	271,0	≤ 360	Imbituva	Telêmaco Borba	143,5	≤ 240
Total		1086,0	-	Imbituva	Rio Azul	64,0	≤ 240
				Imbituva	Ipiranga	45,0	≤ 240
				Imbituva	Imbituva	0,0	≤ 240
				Imbituva	Palmeira	80,5	≤ 240
				Imbituva	Reserva	116,0	≤ 240
				Total		735,5	-
Tempo total (min)				1821,5			

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 23 representa o mapa com os resultados do Modelo 2, para P igual a 1.

Figura 23 - Mapa do Modelo 2, para $P = 1$



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa apresenta a localização dos doadores e localização escolhida e dos pontos de distribuição. Os doadores são os pontos em verde. O ponto em roxo é a localização escolhida. Os pontos em azul são os pontos de distribuição.

O Quadro 7 exibe os resultados do Modelo 2 sem limitação de quantidade de instalações abertas, ou seja, sem a restrição (23).

Quadro 7 - Resultados do Modelo 2, sem restrição de P

Resultados										
Função objetivo (min)	1171									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj	Yij		Ponta Grossa	Prudentópolis	União da Vitória	Palmeira	Reserva		
Ponta Grossa	1	Sesc - Curitiba		0	0	0	1	0		
Prudentópolis	1	Sesc - Francisco Beltrão		0	0	1	0	0		
União da Vitória	1	Sesc - Londrina		1	0	0	0	0		
Palmeira	1	Sesc - Guarapuava		0	1	0	0	0		
Reserva	1	Sesc - Campo Mourão		0	0	0	0	1		
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Prudentópolis	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
União da Vitória	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Palmeira	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Reserva	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Quando retirada a restrição de P , a definição da quantidade de instalações abertas é estabelecida automaticamente pelo modelo. Assim, as cinco instalações candidatas resultantes são: Ponta Grossa, Prudentópolis, União da Vitória, Palmeira e Reserva. Para o fornecimento dos BA temporário foram definidos cinco doadores, são eles SESC: Curitiba, Francisco Beltrão, Londrina, Guarapuava e Campo Mourão. Todos os dez pontos de distribuição são atendidos e cada instalação aberta atende exatamente dois pontos de distribuição.

O Modelo 2 promove a abertura de cinco instalações, obtendo um valor de 1.171 minutos (aproximadamente 19,5 horas) na função objetivo.

O Quadro 8 apresenta os tempos de cada trajeto entre os BA e os doadores e entre os BA e os pontos de distribuição.

Quadro 8 - Tempo Modelo 2, sem restrição de P

Doadores				Pontos de distribuição			
De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)	De:	Para:	Tempo (min)	Restrição (min)
Sesc -Londrina	Ponta Grossa	251,5	≤ 360	Ponta Grossa	Ponta Grossa	0	≤ 240
Sesc -Guarapuava	Prudentópolis	64,0	≤ 360	Ponta Grossa	Ipiranga	57	≤ 240
Sesc -Francisco Beltrão	União da Vitória	251,5	≤ 360	Prudentópolis	Prudentópolis	0	≤ 240
Sesc -Curitiba	Palmeira	84,5	≤ 360	Prudentópolis	Imbituva	45,5	≤ 240
Sesc - Campo Mourão	Reserva	196,0	≤ 360	União da Vitória	União da Vitória	0	≤ 240
Total		847,5	-	União da Vitória	Rio Azul	81,5	≤ 240
				Palmeira	Palmeira	0	≤ 240
				Palmeira	Irati	63,5	≤ 240
				Reserva	Reserva	0	≤ 240
				Reserva	Telêmaco Borba	76	≤ 240
				Total		323,5	-
Tempo total (min)				1171,0			

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa, apresentado na Figura 24, exibe o resultado do Modelo 2, sem restrição do número de instalações aberta.

Figura 24 - Mapa do Modelo 2, sem restrição de P 

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa representa a localização dos doadores, BA e pontos de distribuição, representados, respectivamente, pelas cores verde, roxo e azul. Os símbolos representam as

instalações que apresentam algum tipo de relação. Por exemplo: SESC Guarapuava, Prudentópolis e Imbituva são representadas pela estrela, o SESC Guarapuava é o doador de Prudentópolis que distribui para ela mesma e Imbituva.

6.1.3 Modelo 3

O Modelo 3 foi proposto com o objetivo de estabelecer a quantidade que cada doador precisa doar para cada instalação, a principal alteração consiste no acréscimo de uma variável de decisão, Z_i . O Modelo 3 é apresentado a seguir.

$$\text{Minimizar} \quad \sum_i \sum_j T_{ij} Y_{ij} + \sum_j \sum_k T_{jk} W_{jk} \quad (36)$$

Sujeito a:

$$\sum_j X_j = P, \quad (37)$$

$$\sum_i \alpha_{ij} Y_{ij} \geq X_j \quad \forall j, \quad (38)$$

$$\sum_j \alpha_{jk} X_j W_{jk} = 1 \quad \forall k, \quad (39)$$

$$\sum_j Y_{ij} \leq 1 \quad \forall i, \quad (40)$$

$$Z_i \leq \sum_j Y_{ij} D_{0i} \quad \forall i, \quad (41)$$

$$\sum_i Z_i Y_{ij} \leq C_{Ij} X_j \quad \forall j, \quad (42)$$

$$\sum_k D_{ek} W_{jk} \leq \sum_i Z_i Y_{ij} \quad \forall j, \quad (43)$$

$$X_j, Y_{ij}, W_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k. \quad (44)$$

$$Z_i \in \mathbb{Z}_+ \quad \forall i \quad (45)$$

Onde, índices:

i = Índice do conjunto de potenciais doadores.

j = Índice do conjunto de instalações candidatas.

k = Índice do conjunto de pontos de distribuição.

Variáveis de decisão:

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{Se } j \text{ instalação for aberta,} \\ 0, & \text{Se não.} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Se o doador } i \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{Se não.} \end{cases}$$

$$W_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{Se o ponto de distribuição } k \text{ é atendido pela instalação no nó } j, \\ 0, & \text{Se não.} \end{cases}$$

Z_i = Quantidade doada pelo doador i .

Parâmetros:

P = Número de instalações a serem abertas.

CI_j = Capacidade da instalação j .

Do_i = Quantidade doada pelo doador i .

De_k = Quantidade demandada em cada ponto de distribuição k .

T_{ij} = Tempo entre o doador i e a instalação candidata j .

T_{jk} = Tempo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição k .

T_{ijmax} = Tempo máximo entre a o doador i e a instalação candidata j .

T_{jkmax} = Tempo máximo entre a instalação candidata j e o ponto de distribuição.

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{ij} \leq T_{ijmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

$$\alpha_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se } T_{jk} \leq T_{jkmax}, \\ 0, & \text{se não.} \end{cases}$$

No Modelo 3 os índices, os parâmetros, função objetivo (36) e as restrições (37), (38), (39), (40) e (44) permaneceram as mesmas.

A restrição (41) serve como um limitador de Z_i , que é a quantidade doada por cada doador, certificando que Z_i é menor ou igual a Do_i , que é a capacidade de doação de cada doador, quando este doador estiver sendo utilizado por alguma instalação aberta.

A restrição (42) garante que toda a quantidade doada a uma instalação candidata aberta é menor ou igual a capacidade total da instalação candidata aberta. Toda instalação possui uma capacidade, esta restrição garante que a capacidade não será excedida em cada instalação aberta.

A restrição (43) assegura que a soma de toda demanda atribuída a uma instalação aberta é menor ou igual a soma de toda doação recebida pela instalação candidata. Esta restrição garante que terá doações suficientes para atender todos os pontos de distribuição atribuídos para cada instalação aberta.

A restrição (45) declara a variável de decisão Z_i como inteira.

6.1.3.1 Resultados do Modelo 3

O Modelo 3, do mesmo modo que o Modelo 2, foi implementado duas vezes, sendo que a primeira considera a abertura de uma instalação e a segunda sem limitar a quantidade de instalações abertas, retirando a restrição (40).

O Quadro 9 apresenta os resultados do Modelo 3 para uma única instalação aberta, $P=1$.

Quadro 9 - Resultados do Modelo 3, para $P = 1$

Resultados										
Função objetivo (min)	1821,5									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj			Yij / Zi	Imbituva					
Imbituva	1			Sesc -Curitiba	1 / 14000					
				Sesc -Francisco Beltrão	1 / 14000					
				Sesc -Londrina	1 / 14000					
				Sesc -Guarapuava	1 / 12345					
				Sesc - Campo Mourão	1 / 7000					
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Imbituva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados permaneceram os mesmos do Modelo 2, com a diferença que o Modelo 3 fornece a quantidade que cada doador necessita doar. Assim, os resultados obtidos para cada doador foram:

- SESC-Curitiba, SESC-Francisco Beltrão e SESC-Londrina: 14 mil kg;
- SESC-Guarapuava: 12,3 mil kg;
- SESC-Campo Mourão: 7 mil kg.

O Quadro 10 exibe os resultados do Modelo 3 sem limitação de quantidade de instalações abertas, sem a restrição (40).

Quadro 10 - Resultados do Modelo 3, sem restrição de P

Resultados										
Função objetivo (min)	1171									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj			Yij / Zi	Ponta Grossa	Prudentópolis	União da Vitória	Palmeira	Reserva	Zi (Kg)
Ponta Grossa	1			Sesc -Curitiba	0	0	0	1	0	14000
Prudentópolis	1			Sesc -Francisco Beltrão	0	0	1	0	0	13800
União da Vitória	1			Sesc -Londrina	1	0	0	0	0	14000
Palmeira	1			Sesc -Guarapuava	0	1	0	0	0	14000
Reserva	1			Sesc - Campo Mourão	0	0	0	0	1	10736
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Prudentópolis	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
União da Vitória	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Palmeira	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Reserva	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados do Modelo 3 são similares ao Modelo 2 com o acréscimo da informação da quantidade doada por doador. Os resultados obtidos para cada doador foram:

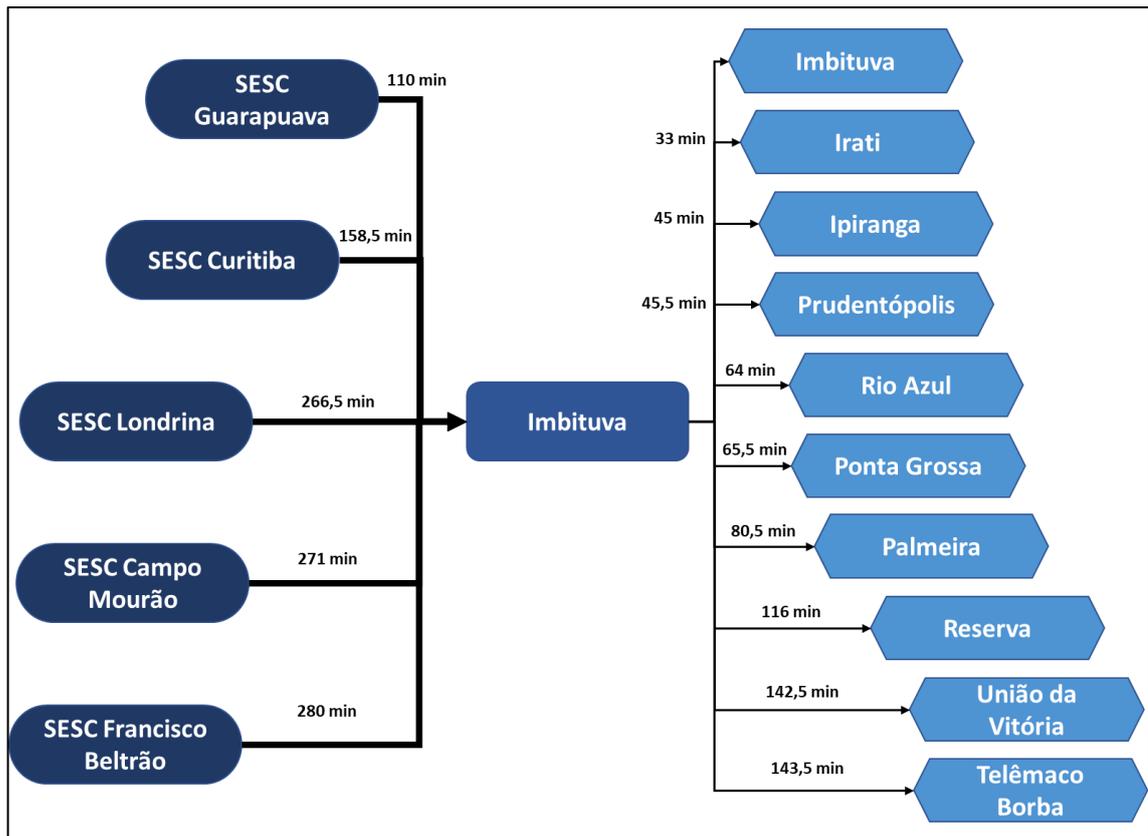
- SESC-Curitiba, SESC-Londrina e SESC-Guarapuava: 14 mil kg;
- SESC-Francisco Beltrão: 13,8 kg;
- SESC-Campo Mourão: 10,7 mil kg.

6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Escolheu-se analisar os resultados do Modelo 3, uma vez que este congrega os Modelo 1 e o Modelo 2, introduzindo-se a definição da quantidade doada por cada doador para o BA. Assim, foram considerados os resultados do Modelo 3 para $P=1$ e P sem restrição.

6.2.1 Análise dos resultados para $P = 1$

Os resultados do Modelo 3 são, primeiramente, analisados considerando-se $P = 1$. A Figura 25 apresenta um esquema gráfico que representa os resultados relacionados aos doadores, BA e pontos de distribuição e seus respectivos tempos.

Figura 25 - Configuração da cadeia de assistência humanitária para $P = 1$ 

Fonte: Elaborado pelo autor

As unidades do SESC Guarapuava e Curitiba se encontram mais próximas de Imbituva, a menos que 2 e 3 horas de distância, respectivamente. Os outros doadores, SESC Londrina, Campo Mourão e Francisco Beltrão, se encontram a mais de 4 horas de Imbituva. Contudo, embora mais distantes, todos os doadores satisfazem a restrição de 6 horas entre doadores e o BA.

É possível destacar, mesmo que todos os doadores estejam na cobertura de um raio de 6 horas do BA, a unidade do SESC Guarapuava apresenta uma posição estratégica em relação ao BA, pois apresenta o menor tempo para fornecimento de doações, sendo que, em alguns casos apresenta a metade do tempo de outros doadores. As unidades SESC Londrina, Campo Mourão e Francisco Beltrão são pontos de atenção na cadeia de assistência humanitária por estarem mais distantes do BA, o que pode acarretar atrasos no fornecimento de doações.

A análise dos pontos de distribuição evidencia que os pontos mais próximos de Imbituva, são a própria cidade de Imbituva, além das cidades de Irati, Ipiranga e Prudentópolis, as quais estão localizadas a menos de 1 hora do BA. Os pontos de distribuição que merecem atenção especial são União da Vitória e Telêmaco Borba que, embora sejam atendidas dentro

do tempo limite de 4 horas, podem comprometer o tempo total de assistência humanitária pois requerem mais de duas horas para a entrega das doações aos beneficiários finais. Essas duas cidades se encontram, respectivamente, no extremo norte e sul da região estudada, como pode ser observado no mapa da Figura 21, apresentado no Capítulo 5.

6.2.2 Análise das instalações candidatas

Nesta etapa, são analisadas as localizações candidatas a receber a instalação de um ou mais Banco de Alimentos. Primeiramente, são os resultados para $P = 1$, variando o conjunto de instalações candidatas para compreender a relação entre as variáveis. Mais uma vez, os resultados foram obtidos por meio do Modelo 3.

As análises foram realizadas de acordo com os procedimentos relatados a seguir. O modelo foi implementado para $P = 1$ para obter a localização ótima para a instalação do BA. Em seguida, essa localização era retirada do conjunto de instalações candidatas, estimulando o modelo a definir uma nova localização como ótima. O Apêndice C apresenta todos os resultados obtidos a cada rodada do modelo.

Como exemplo, os resultados indicam que a cidade de Imbituva é a localização ótima para a instalação do BA, considerando $P = 1$. Assim, Imbituva foi retirada do conjunto de instalações candidatas, restando nove instalações. Este cenário foi implementado mais uma vez, fornecendo como resultado a cidade de Irati como localização ótima para a instalação do BA. Esse processo foi sucessivamente repetido até o modelo não apresentar solução viável.

A Tabela 10 expõe os resultados do cenário proposto, indicando as localizações definidas e o tempo mínimo total da função objetivo em minutos para toda a cadeia de assistência humanitária.

Tabela 10 - Tempo mínimo total para cada instalação candidata

Instalações candidatas	Tempo total (min)
Imbituva	1821,5
Irati	1845,0
Prudentópolis	1900,5
Ponta Grossa	1998,5
Ipiranga	2036,5
Palmeira	2098,5
Rio Azul	2192,5

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, a cidade de Imbituva tem o melhor resultado de 1821,5 minutos. Esse valor representa a função objetivo do modelo que é a soma dos tempos de toda cadeia de assistência humanitária, englobando doadores, BA temporário e pontos de distribuição.

É possível observar que a diferença de tempo entre os resultados obtidos para Imbituva e Irati, é de 23,5 minutos, o que representa uma pequena diferença. Este resultado indica que Irati pode ser considerada a segunda alternativa viável para a instalação do BA, quando a situação do desastre não permitir a instalação na cidade de Imbituba. Os resultados ainda indicam sete opções viáveis a serem implementadas pelos gestores em situação de desastres, classificadas hierarquicamente em relação ao tempo.

As cidades de União da Vitória, Telêmaco Borba e Reserva não foram indicadas como opções viáveis para abertura do BA temporário, pois elas não conseguem distribuir para todos os pontos de distribuição devido à distância e, conseqüentemente, o tempo. Uma análise do mapa apresentado na Figura 21, indica essas cidades que estão localizadas na parte superior e inferior do mapa, situando-se distantes dos pontos de distribuição.

A Tabela 11 identifica quais são os doadores escolhidos, classificados desde o mais próximo ao mais distante, da esquerda para direita, para cada instalação aberta.

Tabela 11 - Doadores escolhidos por cada instalação

Instalações candidatas		Doadores escolhidos			
Imbituva	Sesc -Guarapuava	Sesc -Curitiba	Sesc -Londrina	Sesc - Campo Mourão	Sesc -Francisco Beltrão
Irati	Sesc -Guarapuava	Sesc -Curitiba	Sesc - Campo Mourão	Sesc -Francisco Beltrão	Sesc - Cascavel
Prudentópolis	Sesc -Guarapuava	Sesc -Curitiba	Sesc - Campo Mourão	Sesc -Francisco Beltrão	Sesc - Cascavel
Ponta Grossa	Sesc -Curitiba	Sesc -Guarapuava	Sesc -Londrina	Sesc - Maringá	Sesc - Campo Mourão
Ipiranga	Sesc -Guarapuava	Sesc -Curitiba	Sesc -Londrina	Sesc - Maringá	Sesc - Campo Mourão
Palmeira	Sesc -Curitiba	Sesc -Guarapuava	Sesc -Londrina	Sesc - Campo Mourão	Sesc - Maringá
Rio Azul	Sesc -Guarapuava	Sesc -Curitiba	Sesc - Campo Mourão	Sesc -Francisco Beltrão	Sesc - Cascavel

Fonte: Elaborado pelo autor

É possível perceber que as unidades do SESC Guarapuava e Curitiba, de forma geral, aparecem mais próximos da região estudada, sendo as melhores opções de doadores. A unidade do SESC Campo Mourão aparece para todas as localizações, porém, embora ele apareça três vezes como terceiro doador melhor posicionado, ele também aparece duas vezes como o doador mais distante, no caso das localizações de Ponta Grossa e Ipiranga. A unidade do SESC Cascavel só aparece como opção viável para Irati, Prudentópolis e Rio Azul e, no restante, aparece como o doador mais distante. As unidades do SESC Londrina e Francisco Beltrão aparecem quatro vezes e a unidade de Maringá três vezes. As unidades do SESC Francisco

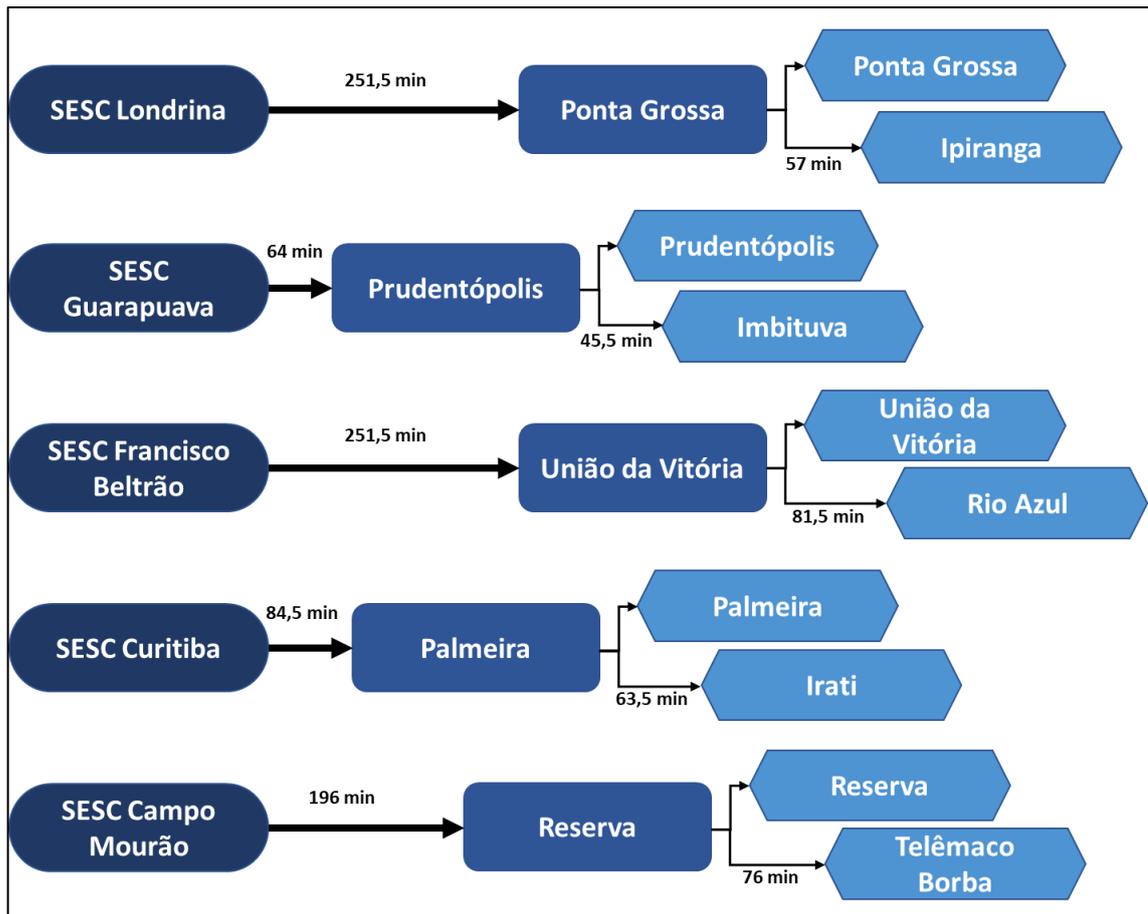
Beltrão e Maringá aparecem uma vez cada como doador mais distante, já o SESC Londrina, todas as vezes em que aparece está como terceira opção. Todos os doadores considerados aparecem em algum momento como doadores de alguma instalação.

De forma geral, esses resultados permitem apoiar o processo de tomada de decisão referente à localização de um BA temporário para atendimento às pessoas atingidas por desastres de início súbito. Por meio dos resultados, é possível evidenciar as opções mais viáveis e definir a que será implementada, de acordo com as situações impostas pelo desastre. Neste contexto a cidade de Imbituva apresentou o resultado mais proeminente. Por outro lado, também é possível identificar as opções menos viáveis e que não devem ser implementadas como instalação de um BA temporário.

Por fim, considerando-se os doadores, é perceptível a importância das unidades do SESC Guarapuava, Curitiba e Campo Mourão, que aparecem como doadores para todas as cidades. Ao passo que a unidade do SESC Cascavel aparece três vezes e sempre como o doador mais distante.

6.2.3 Análise dos resultados para P sem restrição

Os resultados do Modelo 3 para P sem restrição são representados por um esquema gráfico. A Figura 26 representa os resultados para doadores, BA e pontos de distribuição com os respectivos tempos obtidos.

Figura 26 - Configuração da cadeia de assistência humanitária para P livre

Fonte: Elaborado pelo autor

A definição dos doadores foi atribuída às unidades do SESC: Londrina, Guarapuava, Francisco Beltrão, Curitiba e Campo Mourão. A definição da localização das instalações dos BA temporários implementado com P sem restrição resultou em cinco cidades: Ponta Grossa, Prudentópolis, União da Vitória, Palmeira e Reserva. Cada ponto de distribuição definido pelo Modelo 3 possui um doador diferente. As unidades do SESC Guarapuava e Curitiba estão localizadas a menos de 2 horas de Prudentópolis e Palmeira, respectivamente. A unidade do SESC Campo Mourão está localizada a pouco mais de 3 horas da cidade de Reserva. Por sua vez, as unidades do SESC Londrina e Francisco Beltrão estão localizadas a cerca 4 horas das cidades de Ponta Grossa e União da Vitória, respectivamente.

Como é possível observar, todos os tempos satisfazem a restrição de 6 horas para os trajetos entre os doadores e os BA e de 4 horas para trajetos entre os BA e os pontos de distribuição.

Os resultados para P sem restrição resultam em cinco redes de BA, formadas por doadores, BA e pontos de distribuição diferenciados. Este resultado representa uma

descentralização do modelo da cadeia de assistência humanitária em relação ao modelo com foco em um único BA.

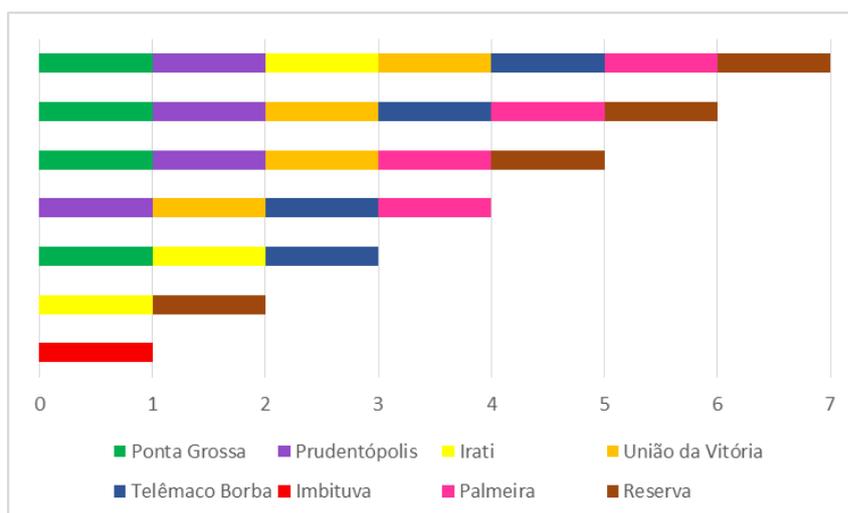
Este modelo apresenta resultados de tempos promissores, mas impõe dificuldades de gestão que podem ser caracterizadas pela necessidade de coordenar e integrar as operações dos cinco BA e seus respectivos *stakeholders*.

6.2.4 Análise do número de instalações

Para analisar o número de instalações, o Modelo 3 foi implementado fazendo-se variar de $P = 1$ até $P = 7$, sendo 7 doadores o número definido neste estudo. Os resultados de todas as implementações estão no Apêndice B.

A Figura 27 representa as cidades definidas pelo Modelo 3 como opções mais viáveis para instalação de BA temporário, variando-se $P = 1$ até $P = 7$, onde P é a quantidade de instalações abertas.

Figura 27 - Cidades definidas pelo Modelo 3 de $P = 1$ até $P = 7$



Fonte: Elaborado pelo autor

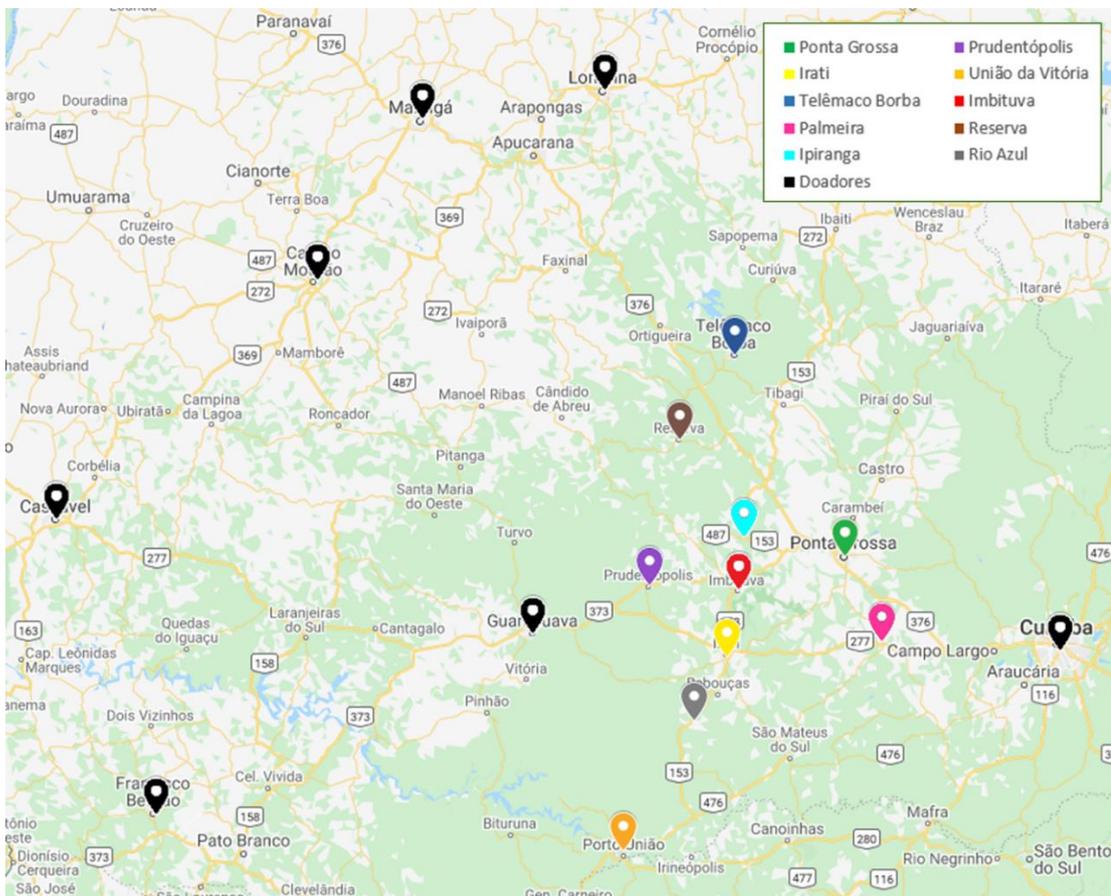
De acordo com a Figura 27, para:

- $P = 1$ a instalação do BA é localizada em Imbituva;
- $P = 2$ os BA estão localizados em Irati e Reserva;
- $P = 3$ os BA estão localizados em Ponta Grossa, Irati e Telêmaco Borba;
- $P = 4$ os BA estão localizados em Prudentópolis, União da Vitória, Telêmaco Borba e Palmeira;

- $P = 5$ os BA estão localizados em Ponta Grossa, Prudentópolis, União da Vitória, Palmeira e Reserva;
- $P = 6$ os BA estão localizados em Ponta Grossa, Prudentópolis, União da Vitória, Telêmaco Borba, Palmeira e Reserva;
- $P = 7$ os BA estão localizados em Ponta Grossa, Prudentópolis, Irati, União da Vitória, Telêmaco Borba, Palmeira e Reserva.

A Figura 28 exibe o mapa com a localização das instalações dos BA e os doadores. As cores dos marcadores do mapa fazem referência as cores das cidades na Figura 27.

Figura 28 - Mapa com a localização das cidades e doadores



Fonte: Elaborado pelo autor

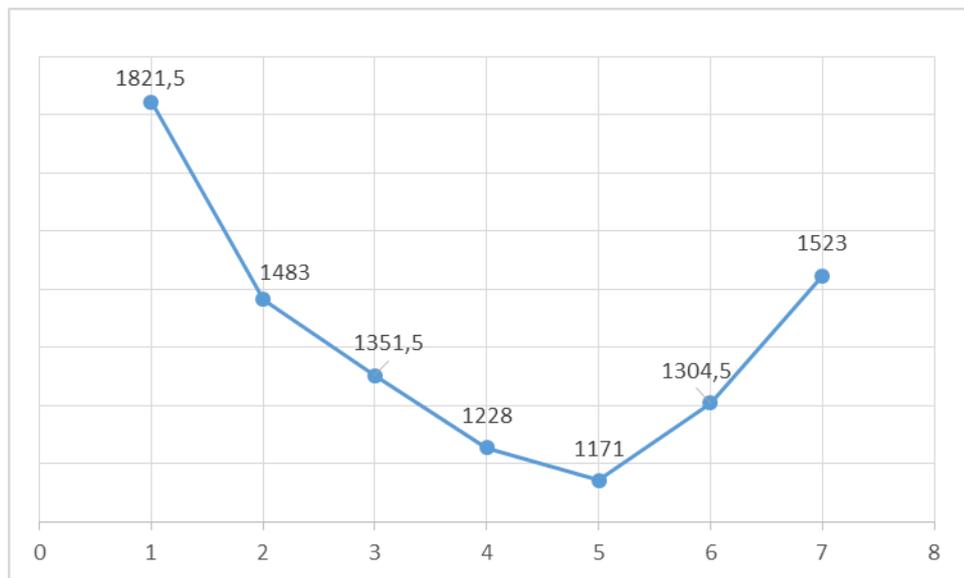
Imbituva possui uma posição central em relação aos outros pontos. Entretanto, é possível observar que ela só é definida como melhor cidade para localização do BA temporário pelo modelo para $P = 1$. Conforme P é variado, a cidade de Imbituva não converge para o conjunto de localizações ótimas.

As cidades de Ipiranga e Rio Azul não são escolhidas como melhor opção para

instalação do BA em nenhum dos cenários. As cidades de Irati e Telêmaco Borba embora apareçam em vários cenários, ficaram de fora do melhor resultado da função objetivo, quando $P = 5$.

A Figura 29 exibe a evolução da função objetivo, que representa a somatória do tempo dos doadores até o(s) BA(s) temporário e do(s) BA(s) temporário até os pontos de distribuição.

Figura 29 - Número de instalações em função da função objetivo em minutos



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a instalação de apenas um BA ($P = 1$), o modelo apresenta o pior resultado da função objetivo, com um tempo de 1821,5 minutos. Para $P = 2$, o modelo apresenta um valor da função objetivo igual a 1483. A cada vez que P aumenta, a função objetivo apresenta um resultado melhor até atingir $P = 5$, que representa o melhor cenário, com valor de função objetivo igual a 1171 minutos. Quando $P = 6$ ocorre uma alteração no resultado da função objetivo, caracterizada por um aumento considerável no tempo total, que passou a ser igual a 1304 minutos. O mesmo comportamento foi observado para $P = 7$, em que a função objetivo atingiu o valor igual a 1523 minutos.

De $P = 4$ até $P = 7$, é possível destacar três cidades que se destacam como solução, sendo estas: Prudentópolis, União da Vitória e Palmeira. O modelo atinge o melhor cenário quando $P = 5$ e as cidades definidas são: Ponta Grossa, Prudentópolis, União da Vitória, Palmeira e Reserva.

Por meio destes resultados é possível concluir que a melhor decisão a ser tomada pelos gestores do desastre consiste na abertura de cinco BA temporário para promover o atendimento

aos beneficiários de forma mais rápida. Apesar da melhor solução indicar a instalação de cinco BA temporário, deve-se ressaltar as dificuldades que decorrentes dessa decisão, que consistem em promover uma gestão de forma descentralizada da cadeia de assistência humanitária, bem como os custos decorrentes dessas instalações, os quais não fizeram parte deste estudo.

6.3 RESUMO DO CAPÍTULO

O capítulo apresenta o desenvolvimento de três modelos inéditos, obtidos por meio de modelos consagrados na literatura. O Modelo 1 é realizado de forma mais simples levando em consideração os modelos de Owen e Daskin (1998) e de Davis *et al.* (2014), com o objetivo de minimizar a função objetivo que representa a cadeia de assistência humanitária do BA. O Modelo 2 acrescenta ao Modelo 1 a capacidade de doação de cada doador, a capacidade por instalação e o a demanda em cada ponto de distribuição. O Modelo 3 adiciona uma variável inteira ao Modelo 2, que representa a quantidade doada por doador.

Os resultados apresentados e analisados possibilitam o estabelecimento de vários cenários para promover subsídios aos gestores do desastre. Considerando o cenário composto por um BA centralizado, $P = 1$, para atender todos os pontos de distribuição, a melhor opção para a localização da instalação do BA temporário para situações de desastres de início súbito é a cidade de Imbituva. Considerando P sem restrições, o resultado para o melhor cenário consiste na instalação de cinco BA, atuando com uma distribuição descentralizada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desastres são eventos que paralisam ou dificultam o funcionamento normal de uma comunidade. Esses eventos costumam ser de difícil gestão e não rotineiros. Nos últimos anos, cresceram o número de desastres, ganharam grandes proporções midiáticas, sendo acompanhados nacionalmente, como por exemplo, o rompimento das barragens de Brumadinho e Mariana. Atualmente, vivencia-se a pandemia de COVID-19, que impactou o mundo todo e mudou a forma com que se vive em sociedade. A presente dissertação, que começou a ser definida meses antes da pandemia, foi focada em desastres de início súbito, com foco específico no estado do Paraná.

Quando um desastre ocorre, tem-se o início de uma mobilização da sociedade (governo, ONG's, entidades privadas, etc.) para diminuir o seu impacto. Quanto mais preparada a sociedade estiver, mais resiliente e rápida será possível realizar a assistência humanitária e restabelecer as atividades básicas.

Neste contexto, faz-se importante a gestão de riscos e de desastres com ênfase na etapa de preparação que é quando acontece o planejamento o BA temporário. A elaboração de cenários durante a preparação de desastres é de extrema importância para auxiliar a tomada de decisão na fase de respostas. A implementação do BA temporário acontece durante a fase de resposta a desastres. O BA temporário serve para garantir a segurança alimentar durante a fase de resposta até de recuperação com o restabelecimento das condições normais de vida da comunidade.

O objetivo da dissertação foi desenvolver um modelo de otimização para determinar a

localização de um (ou mais) Banco de Alimentos de caráter temporário, considerando seus doadores e beneficiários em caso de desastres de início súbito em uma região do estado do Paraná. Para isso, foram desenvolvidos três modelos que tiveram como base modelos da literatura, podendo ser destacados o de p -medianas e o modelo de cobertura de conjuntos de Davis *et al.* (2014). Nos modelos não foram considerados alguns limitantes como custos de transporte ou de abertura de instalação, quantidade e/ou tipo de veículos, restrições do tipo de carga, restrições legais e incertezas da demanda em função da gravidade do desastre.

O Modelo 1 otimiza o tempo, considerando as localizações na cobertura de um raio especificado. No Modelo 2, são acrescentadas as capacidades e demanda. No Modelo 3, é incluída uma variável que determina a quantidade doada por doador. Todos os modelos apresentam contribuições ao conhecimento científico, principalmente pelo fato de reunirem temas relevantes afetos à Logística Humanitária, Cadeia de Assistência Humanitária, Segurança Alimentar e Pesquisa Operacional.

Na introdução, a seguinte questão problema é realizada: Qual a melhor configuração da cadeia de suprimentos humanitária (doadores, banco de alimentos e pontos de distribuição) na ocorrência de um desastre súbito no estado do Paraná, considerando-se o suprimento no menor tempo possível?

Para responder à pergunta foram definidos os *stakeholders* da cadeia de suprimento humanitária. O programa SESC Mesa Brasil do Paraná foi determinado como doador da cadeia por apresentar 7 unidades, distribuídas em diferentes cidades no estado do Paraná. Por meio dos dados de desastres do estado do Paraná, retirados do SISDC da CEDEC/PR, a região de Ponta Grossa foi escolhida para realização do estudo e as 10 cidades com mais desastres de início súbito foram definidas como as instalações candidatas e pontos de distribuição.

A modelagem do problema de localização levou em consideração os tempos entre os doadores, BA e pontos de distribuição; tempo máximo de cobertura dos trajetos entre os doadores e BA e entre os BA e pontos de distribuição; as capacidades de doação e dos BA; e a demanda nos pontos de distribuição.

Diferentes cenários foram avaliados; o primeiro com $P = 1$, com apenas uma instalação aberta. Outro cenário avaliado foi deixar P livre, sem determinar a quantidade de instalações abertas, deixando o modelo definir qual seria a configuração ótima resultante.

As configurações resultantes para a cadeia de assistência humanitária foram realizadas para $P = 1$ e P livre. Para $P = 1$, o BA definido pelo modelo na cidade de Imbituva, atendendo a todos os pontos de distribuição, a configuração da cadeia é apresentada na Figura 25. Para P livre, o modelo definiu 5 instalações candidatas, tendo o melhor tempo ótimo entre os cenários

analisados, todos os pontos de distribuição são atendidos, a configuração da cadeia é demonstrada na Figura 26. Em relação aos doadores, os dois cenários apresentaram os mesmos 5 doadores e pode-se destacar que as unidades do SESC Curitiba e Guarapuava são escolhidas para todos os casos estudados apresentando os melhores tempos em relação as localizações candidatas.

Ainda que a dissertação tenha cumprido os seus objetivos e apresente contribuições, existem algumas lacunas que podem ser preenchidas em trabalhos futuros. Uma possível continuação da dissertação seria a realização de um estudo de roteirização analisando a distribuição tanto dos doadores quanto do(s) BA(s) nos diferentes cenários. Existem outros estudos e métodos que podem ser utilizados como métodos multicritérios, para uma análise mais qualitativa do Problema de Localização. Alguns critérios que não foram considerados e podem ser analisado em outros modelos matemáticos são: custos, quantidade e tipo de veículos, restrições do tipo de carga, restrições legais e variação na demanda em função da gravidade do desastre.

Esta dissertação propôs modelos e cenários com o objetivo de fortalecer o planejamento da fase de preparação para desastres, auxiliando através dos resultados a tomada de decisão e reduzindo as ações não planejadas para “apagar incêndios”. Neste contexto, com a configuração da cadeia de assistência humanitária para BA planejada, pode-se melhorar a disponibilidade de alimentos, minimizar a insegurança alimentar e aumentar a resiliência a desastres no curto prazo. A pesquisa, também, realiza contribuições para os princípios da LH, principalmente, os de humanidade e neutralidade, presumindo que a assistência tem que ser realizada pela cadeia de suprimento humanitária do BA independentemente de onde o ponto de distribuição se encontre, sem nenhuma preferência, de modo igualitário e da forma mais rápida possível, para que todas as pessoas afetadas por desastre possam ter seu sofrimento aliviado.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Disponível em: <<http://portal.abepro.org.br/a-profissao/>>. Acesso em: 16 abr. 2021

ALTAY, N.; GREEN III, W. G. OR/MS research in disaster operations management. **European journal of operational research**, v. 175, n. 1, p. 475-493, 2006.

APTE, A. **Humanitarian logistics: A new field of research and action**. Now Publishers Inc, 2010.

BACON, C.M.; BAKER, G.A. The rise of food banks and the challenge of matching food assistance with potential need: towards a spatially specific, rapid assessment approach. **Agriculture and Human Values**, v. 34, n. 4, p. 899-919, 2017.

BALCIK, B.; BEAMON, B. Facility location in humanitarian relief. **International Journal of Logistics**, v. 11, n. 2, p. 101-121, 2008.

BANDEIRA, R. A. M.; CAMPOS, V.B.G.; COSTA, S. R. A. Cadeia de Suprimento para Assistência Humanitária. In: Leiras, A. et al. (Orgs.). **Logística humanitária**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 6. p. 81-109.

BERTAZZO, T. R.; BRITO, I.; LEIRAS, A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Revisão da literatura acadêmica brasileira sobre gestão de operações em desastres naturais com ênfase em logística humanitária. **Transportes**, v. 21, n. 3, p. 31-39, 2013.

CAUNHYE, A. M.; NIE, X.; POKHAREL, S. Optimization models in emergency logistics: A literature review. **Socio-economic planning sciences**, v. 46, n. 1, p. 4-13, 2012.

CEDEC/PR. Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná. Regionais. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

CHURCH, R. L.; REVELLE, C. S. Theoretical and computational links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem. **Geographical Analysis**, v.

8, n. 4, p. 406-415, 1976.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS, 8., 2011, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: Instituto de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, 2011.

COZZOLINO, A. **Humanitarian logistics: cross-sector cooperation in disaster relief management**. Springer Science & Business Media, 2012.

DAVIS, L. B.; SENGUL, I.; IVY, J. S.; BROCK III, L. G.; MILES, L. Scheduling food bank collections and deliveries to ensure food safety and improve access. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 48, n. 3, p. 175-188, 2014.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Disponível em < <https://www.dieese.org.br/metodologia/metodologiaCestaBAica2016.pdf> >. Acesso em 16 dez. 2020.

EYERKAUFER, M. L. **Modelo de referência organizacional estratégico para coordenação local da gestão de riscos e desastres**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FAO. Pandemia pode ampliar fome e jogar 49 milhões de pessoas na pobreza extrema, alerta ONU. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1280495/>. Acesso em: 12 de jun. de 2020.

FAO. Resilient Livelihoods – Disaster Risk Reduction for Food and Nutrition Security Framework Programme. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3270e.pdf>. Acessado em: 12 de jun. de 2020.

FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 7, p. 1689-1709, 2010.

FERNANDES, L. P. **Logística Humanitária – Redefinição de Processos Logísticos do Banco Alimentar Contra a Fome de Lisboa**. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão). Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, Portugal.

FONTAINHA, T. C.; LEIRAS, A., BANDEIRA, R. D. M.; SCAVARDA, L. F. (2014). Modelo conceitual de integração de stakeholders em operações humanitárias. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28., 2014, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2014. p. 1-11.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAKIMI, S. L. Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. **Operations research**, v. 12, n. 3, p. 450-459, 1964.

HOLGUÍN-VERAS, J.; JALLER, M.; WACHTENDORF, T. Comparative performance of alternative humanitarian logistic structures after the Port-au-Prince earthquake: ACEs, PIEs, and CANs. **Transportation research part A: policy and practice**, v. 46, n. 10, p. 1623-1640, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr.html>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

IFRC. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Disponível em <www.ifrc.org>. Acesso em 14 abr. 2020.

JAHRE, M.; PAZIRANDEH, A.; VAN WASSENHOVE, L. Defining logistics preparedness: a framework and research agenda. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, v. 6, n. 3, p. 372-398, 2016.

LIMA, F. S.; EYERKAUFER, M.L.; GONÇALVES, M. B. Gestão de desastres. In: Leiras, A. et al. (Orgs.). **Logística humanitária**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 5. p. 57-77.

LIMA, F. S.; OLIVEIRA, D.; GONCALVES, M. B.; SAMED, M. M. Humanitarian logistics: A clustering methodology for assisting humanitarian operations. **Journal of Technology Management and Innovation**, v. 9, n. 2, p. 86–97, 2014.

MAHARJAN, R.; HANAOKA, S. A credibility-BAed multi-objective temporary logistics hub location-allocation model for relief supply and distribution under uncertainty. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 70, 2020.

MAHARJAN, R.; HANAOKA, S. A multi-actor multi-objective optimization approach for locating temporary logistics hubs during disaster response. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, 2018.

MAHARJAN, R.; HANAOKA, S. Fuzzy multi-attribute group decision making to identify the order of establishing temporary logistics hubs during disaster response. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, 2019.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. IN: Miguel R. A.; *et al.*(orgs). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2.ed, Elsevier, 2012. Cap. 3. p. 47 - 63.

MATOS, D. B. F.; THOMÉ, A. M. T. Problemas de cobertura em localização de instalações: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: Centro De Análises de Sistemas Navais, 2019.

Mesa Brasil SESC. Mesa Brasil Serviço Social do Comércio. Disponível em: <<https://www.sesc.com.br/portal/site/mesabrasilsesc/home/>>. Acesso em 14 fev. 2021.

MLADENović, N.; BRIMBERG, J.; HANSEN, P.; MORENO-PÉREZ, J. A. The p-median-

problem: A survey of metaheuristic approaches. **European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 3, p. 927-939, 2007.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. IN: Miguel *et al.*(orgs). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2.ed, Elsevier, 2012. Cap. 8. p. 169 - 198.

NIKBAKSH, E.; FARAHANI, R. Z. Humanitarian logistics planning in disaster relief operations. In: Farahani, R. Z.; Rezapour, S.; Kardar, L. (Orgs.). **Logistics operations and management: Concepts and models**. 1.ed. Elsevier, 2011. Cap. 15. p. 291 – 332.

OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. Strategic facility location: A review. **European journal of operational research**, v. 111, n. 3, p. 423-447, 1998.

PALM, J. Emergency management in the Swedish electricity market: The need to challenge the responsibility gap. **Energy policy**, v. 36, n. 2, p. 843-849, 2008.

PIZZOLATO, N. D.; RAUPP, F. M. P.; ALZAMORA, G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com BAe em modelos da p-mediana e suas variantes. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 13-42, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Nova Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

SAMED, M. M. A.; GONÇALVES, M. B. Introdução a logística humanitária. In: Leiras, A. et al. (Orgs.). **Logística humanitária**. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. cap. 3. p. 27-37.

SAMED, M. M. A.; GONCALVES, M. B. O estado atual dos problemas de localização e suas contribuições para as pesquisas da LH no Brasil. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 27., 2013, Belém. **Anais ...** Belém: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2013.

SCOPUS. Disponível em: <
https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15534/supporthub/scopus/#tips >. Acesso em: 01 jun. 2020.

SESC. Nossa História Serviço Social do Comércio do Paraná. Disponível em: <
https://www.sesc.com.br/portal/sesc/o_sesc/ >. Acesso em 14 fev. 2021.

SESC/PR. Serviço Social do Comércio do Paraná. Disponível em: <
<https://www.sescpr.com.br/servico/mesa-brasil/> >. Acesso em 10 jan. 2021.

SISDC. Sistema Informatizado de Defesa Civil. Disponível em: <
http://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp >. Acesso em 12 fev. 2020.

TARASUKI, V.; DACHNER, N.; HAMELIN, A.-M.; OSTRY, A.; WILLIAMS, P.;

BOSCKEI, E.; POLAND, B.; RAINE, K. A Survey of food bank operations in five Canadian cities. **BMC Public Health** v. 14, 1-11, 2014.

THOMAS, A. Linking preparedness and performance: The tsunami experience. **Humanitarian Exchange**, v. 32, p. 4-7, 2005.

TOMASINI, R.; VAN WASSENHOVE, L. N. **Humanitarian logistics**. Springer, 2009.

TOREGAS, C.; SWAIN, R.; REVELLE, C.; BERGMAN, L. The location of emergency service facilities. **Operations research**, v. 19, n. 6, p. 1363-1373, 1971.

UNISDR. Global assessment report on disaster risk reduction: Risk and poverty in a changing climate. 2009. Disponível em: <
<https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=9413> >. Acesso em 21 mar. 2021.

VAN WASSENHOVE, L. N. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. **Journal of the Operational research Society**, v. 57, n. 5, p. 475-489, 2006.

WARSHAWSKY, D. N. **Urban food insecurity and the advent of food banking in Southern Africa**. African Food Security Urban Network, AFSUN, 2011.

APÊNDICE A - DADOS DE ENTRADA

DO MODELO DE LOCALIZAÇÃO

Quadro A-1 - Tempo médio entre doadores e candidatos a instalação

Tempo (min)	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Sesc - Curitiba	114,0	179,0	142,0	221,0	237,5	173,0	166,5	158,5	84,5	204,5
Sesc - Francisco Beltrão	329,5	241,5	270,0	251,5	404,5	298,5	309,5	280,0	323,0	370,5
Sesc - Cascavel	354,0	266,5	294,5	372,0	406,5	324,0	336,0	306,5	346,5	330,5
Sesc - Londrina	251,5	295,5	298,5	406,5	183,5	331,0	256,5	266,5	290,0	201,0
Sesc - Guarapuava	159,5	64,0	97,0	190,0	232,0	126,5	139,0	110,0	148,0	207,0
Sesc - Campo Mourão	297,5	232,5	260,5	362,5	270,5	289,0	300,0	271,0	313,0	196,0
Sesc - Maringá	277,5	312,0	326,5	432,5	213,0	358,5	283,5	292,0	315,5	226,5

Quadro A-2 - Tempo médio entre candidatos a instalação e pontos de distribuição

Tempo (min)	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	0,0	97,0	87,0	196,0	123,0	119,5	57,0	65,5	53,5	100,0
Prudentópolis	97,0	0,0	46,5	159,5	168,5	83,5	74,0	45,5	99,5	143,0
Irati	87,0	46,5	0,0	112,0	173,0	38,5	79,0	33,0	63,5	149,0
União da Vitória	196,0	159,5	112,0	0,0	283,0	81,5	188,5	142,5	154,0	259,5
Telêmaco Borba	123,0	168,5	173,0	283,0	0,0	210,0	132,5	143,5	163,5	76,0
Rio Azul	119,5	83,5	38,5	81,5	210,0	0,0	110,0	64,0	94,5	180,0
Ipiranga	57,0	74,0	79,0	188,5	132,5	110,0	0,0	45,0	97,5	107,5
Imbituva	65,5	45,5	33,0	142,5	143,5	64,0	45,0	0,0	80,5	116,0
Palmeira	53,5	99,5	63,5	154,0	163,5	94,5	97,5	80,5	0,0	141,0
Reserva	100,0	143,0	149,0	259,5	76,0	180,0	107,5	116,0	141,0	0,0

Quadro A-3 - Matriz binária entre os doadores e os candidatos a instalação

	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Sesc - Curitiba	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sesc - Francisco Beltrão	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Sesc - Cascavel	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Sesc - Londrina	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Sesc - Guarapuava	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sesc - Campo Mourão	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Sesc - Maringá	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

Quadro A-4 - Matriz binária entre os candidatos a instalação e os pontos de distribuição

	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Prudentópolis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Irati	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
União da Vitória	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
Telêmaco Borba	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Rio Azul	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ipiranga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Imbituva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Palmeira	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reserva	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

Quadro B-2 - Resultado do Modelo 3 com P = 2

Resultados										
Função objetivo	1483									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj		Yij	Irati	Reserva	Zi				
Irati	1		Sesc - Curitiba	1	0	14000				
Reserva	1		Sesc - Francisco Beltrão	1	0	9807				
			Sesc - Londrina	0	1	9538				
			Sesc - Guarapuava	1	0	14000				
			Sesc - Campo Mourão	0	1	14000				
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Irati	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
Reserva	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1

Quadro B-3 - Resultado do Modelo 3 com P = 3

Resultados										
Função objetivo	1351,5									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj		Yij	Ponta Grossa	Irati	Telêmaco Borba	Zi			
Ponta Grossa	1		Sesc - Curitiba	1	0	0	14000			
Irati	1		Sesc - Francisco Beltrão	0	1	0	9807			
			Sesc - Londrina	0	0	1	10736			
			Sesc - Guarapuava	0	1	0	14000			
			Sesc - Campo Mourão	0	1	0	14000			
Telêmaco Borba	1									
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Irati	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
Telêmaco Borba	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Quadro B-4 - Resultado do Modelo 3 com P = 4

Resultados										
Função objetivo	1228									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj		Yij	Prudentópolis	União da Vitória	Telêmaco Borba	Palmeira	Zi		
Prudentópolis	1		Sesc - Curitiba	0	0	0	1	14000		
União da Vitória	1		Sesc - Francisco Beltrão	0	1	0	0	14000		
Telêmaco Borba	1		Sesc - Londrina	0	0	1	0	14000		
Palmeira	1		Sesc - Guarapuava	1	0	0	0	14000		
			Sesc - Campo Mourão	1	0	0	0	10889		
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Prudentópolis	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
União da Vitória	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Telêmaco Borba	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Palmeira	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Quadro B-5 - Resultado do Modelo 3 com P = 5

Resultados										
Função objetivo	1171									
Variáveis de decisão										
Instalação	Xj		Yij	Ponta Grossa	Prudentópolis	União da Vitória	Palmeira	Reserva	Zi	
Ponta Grossa	1		Sesc - Curitiba	0	0	0	1	0	14000	
Prudentópolis	1		Sesc - Francisco Beltrão	0	0	1	0	0	13800	
União da Vitória	1		Sesc - Londrina	1	0	0	0	0	12803	
Palmeira	1		Sesc - Guarapuava	0	1	0	0	0	14000	
Reserva	1		Sesc - Campo Mourão	0	0	0	0	1	10763	
Wjk	Ponta Grossa	Prudentópolis	Irati	União da Vitória	Telêmaco Borba	Rio Azul	Ipiranga	Imbituva	Palmeira	Reserva
Ponta Grossa	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Prudentópolis	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
União da Vitória	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Palmeira	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Reserva	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

