PROJETO DE GRADUAÇÃO

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE VACINAS DA COVID-19 PARA AS UNIDADES DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL

Por,
Letícia Rodrigues Barbosa

Brasília, 29 de outubro de 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASILIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE VACINAS DA COVID-19 PARA AS UNIDADES DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL

Por,

Letícia Rodrigues Barbosa

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/EPR (Orientador)

Julgamento:_____Assinatura:_____

Prof. Dr. Annibal Affonso Neto, UnB/EPR

Julgamento:_____Assinatura:_____

Brasília-DF, 29 de outubro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à incrível oportunidade de ter estudado em uma das melhores universidades do Brasil. Foi uma honra poder viver cada ano dessa experiência, em que pude aprender muito dentro da sala de aula, e tanto além dela. Estudar na Universidade de Brasília é uma experiência de vida.

Agradeço também a minha família por ter sido, em todos os momentos, meu ponto de apoio e minha certeza de carinho, de alegria e de amor. Sou grata, em especial, aos meus pais, Valéria e Eduardo, por acreditarem tanto em mim, por me apoiarem em todas as etapas da minha vida com muita paciência e carinho, me proporcionando um ambiente calmo e de muito incentivo a minha educação.

Não poderia deixar de agradecer a todos os meus amigos que fizeram parte dessa caminhada, sobretudo, ao seleto grupo que esteve comigo durante todos os momentos, nos felizes e nos desafiadores: Gabriel, Leonardo, Lorena, Yasmin, quero levar vocês para toda a vida. O apoio e a amizade de vocês foram essenciais durante toda a jornada, desde o primeiro dia. Tenho orgulho do que construímos e mal posso esperar para as nossas novas conquistas!

Sou grata por todas as amizades que fiz no caminho e por àquelas que me acompanham desde a escola. Obrigada por estarem e permanecerem comemorando as conquistas comigo. Agradeço também ao meu parceiro Eurides, por todo o incentivo, carinho e paciência, e por me inspirar a aprender cada dia mais.

Por fim, gostaria de agradecer o meu professor orientador, Sérgio, por me guiar durante todo esse processo, com muita paciência, respeito e empatia.

RESUMO

As pandemias ocorrem quando há a disseminação mundial de uma nova doença. Nesses cenários, a logística se torna um fator de extrema importância, a fim de se garantir respostas rápidas e eficientes para o alívio dos indivíduos em situações de vulnerabilidade. Por essa perspectiva, o processo de distribuição é uma etapa determinante nas operações logísticas. Além disso, quando se trata de cadeias de distribuição de insumos farmacêuticos, especialmente as de vacinas, a exigência de cuidados redobrados de transporte e armazenagem tornam a operação ainda mais complexa.

Nesse contexto, o presente trabalho busca desenvolver um estudo da distribuição da vacina contra a Covid-19 para o Distrito Federal e apresentar um roteiro de abastecimento, a partir do levantamento das etapas e das variáveis determinantes para o seu planejamento. Dessa maneira, por meio de análises quantitativas e de levantamento de dados, foi possível propor um plano que atendesse à demanda, considerando a estrutura e a capacidade do sistema de saúde em questão.

Palavras-chave: Covid-19; Cadeias de distribuição logística; Logística Humanitária; Vacina; Rede de Frio; Roterização.

ABSTRACT

Pandemics occur when a new disease spreads worldwide. In these scenarios, logistics becomes an extremely important factor, in order to guarantee fast and efficient responses for individuals in vulnerable situations. From this perspective, the distribution network is a determining step in the supply chain. Furthermore, when it comes to pharmaceutical distribution, especially vaccines networks, it requires extra care in transport and storage, making the operation even more complex.

In this context, the present work aims to study the distribution process of the Covid-19 vaccine to Distrito Federal and to present a vehicle routing solution, based on a survey of the stages and variables that determine its planning. In this way, through quantitative analysis and data collection, it is possible to propose a plan that meets the demand, considering the structure and capacity of this health system.

Keywords: Covid-19; Supply chain networks; Humanitarian Logistics; Vaccine; Cold Chain; Vehicle routing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O triângulo de tomada de decisões logísticas 21
Figura 2 – A rede de distribuição direta 24
Figura 3 – A rede de distribuição direta com *Merge in Transit* 26
Figura 4 - Entregas a partir de centros de distribuição 27
Figura 5 - Instâncias da Rede de Frio.....34
Figura 6 – Regiões de Saúde do Distrito Federal 36
Figura 7 – Disposição dos pontos de vacinação nas Regiões de Saúde 41
Figura 8 - Localização espacial dos pontos de vacinação no Distrito Federal 42
Figura 9 - Processo de distribuição dos imunobiológicos na Rede de Frio do Distrito Federal 43
Figura 10 - Levantamento de distância entre os pontos 52
Figura 11 - Caminhão-baú refrigerado da campanha de vacinação 55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Centrais Regionais da Rede de Frio e suas respectivas localizações 38
Quadro 2 - Pontos de aplicação da vacina por Região de Saúde 39
Quadro 3 - Restrições para o problema de roteirização 56
Quadro 4 - Programação da distribuição da vacinação mensal 59
Quadro 5 - Programação da distribuição da vacinação mensal 59
Quadro 6 - Especificações técnicas do veículo 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número médio de doses aplicadas ao longo dos meses e variação percentual em relação ao mês anterior 44
Tabela 2 - Estratificação da população do DF por Região de Saúde e por idade 46
Tabela 3 - Distribuição do total de doses recebidas no Distrito Federal por fabricante 47
Tabela 4 - Capacidade diária de vacinação por Região de Saúde 49
Tabela 5 - Reabastecimento das Centrais Regionais ao mês 50
Tabela 6 - Matriz de distâncias entre as Centrais da Rede de Frio 53
Tabela 7 - Matriz de economias de distâncias 54
Tabela 8 - Ordenamento dos ganhos de distância 54
Tabela 9 - Detalhamento do roteiro 1 57
Tabela 10 – Detalhamento do roteiro 2 57
Tabela 11 - Detalhamento do roteiro 3 58
Tabela 12 - Detalhamento do roteiro 4 58
Tabela 13 - Custos fixos mensais de transporte em reais 61
Tabela 14 - Levantamento dos custos com combustível 61
Tabela 15 - Custos variáveis mensais de transporte em reais 62
Tabela 16 - Consolidação dos custos anuais operacionais de transporte em reais 62

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

CD – Centro de Distribuição

CGPNI - Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunizações

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CRED - *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

CRIE - Centros de Referência para Imunobiológicos Especiais

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

IBGE – Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCV – Problema do Caixeiro Viajante

PNI – Programa Nacional de Imunização

SES-DF – Secretaria de Saúde do Distrito Federal

UBS – Unidade Básica de Saúde

UnB – Universidade de Brasília

VRP – *Vehicle Routing Problem*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 12

1.2 JUSTIFICATIVA 13

1.3 OBJETIVO 16

1.3.1 Objetivo Geral 16

1.3.2 Objetivos Específicos 17

1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA 17

1.5 METODOLOGIA 17

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 18

2 REFERENCIAL TEÓRICO 20

2.1 LOGÍSTICA 20

2.2 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA 22

2.3 PLANEJAMENTO DE REDES LOGÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS 23

2.3.1 A distribuição direta ou *Drop Shipping* 24

2.3.2 Entrega direta com In-Transit Merge 25

2.3.3 Entregas a partir de centros de distribuição 26

2.3.4 Entregas com centro de distribuição e *Cross Docking* 27

2.4 A ESCOLHA DO MÉTODO DE DISTRIBUIÇÃO 29

2.5 ROTEIRIZAÇÃO 30

2.6 A DISTRIBUIÇÃO DE INSUMOS FARMACÊUTICOS 31

2.7 O PLANO NACIONAL DE IMUNIZAÇÕES 33

2.8 A REDE DE FRIO DO DISTRITO FEDERAL 35

3 A ESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO DE IMUNOBIOLÓGICOS DO DISTRITO FEDERAL 37

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE VACINAÇÃO 37

3.2 ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DIÁRIA DE ATENDIMENTO NOS PONTOS DE VACINAÇÃO.....43

3.3 VARIÁVEIS PARA PROPOSIÇÃO DO PLANO DE DISTRIBUIÇÃO.....45

3.3.1 A POPULAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL ESTRATIFICADA E O DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE DOSES DE IMUNIZANTES.....45

3.3.2 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS CENTRAIS REGIONAIS.....48

3.3.3 FREQUÊNCIA DE RESSUPRIMENTO DAS CENTRAIS REGIONAIS.....49

4 PLANO LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO 52

4.1 DESENVOLVIMENTO DO ROTEIRO 52

4.2 NÚMERO DE REABASTECIMENTOS NA CAMPANHA.....59

4.3 ESTIMATIVA DOS CUSTOS LOGÍSTICOS DA CAMPANHA.....60

5 CONCLUSÕES 64

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....66

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define uma pandemia como a disseminação em larga escala de uma nova doença. Por larga escala entende-se que a doença é capaz de se espalhar por todo o mundo ou em uma área muito ampla simultaneamente.

O Coronavírus, doença infecciosa altamente transmissível causada pelo vírus SARS-CoV-2, foi declarado como pandemia global pela Organização Mundial da Saúde em 11 de março de 2020. Desde então, o vírus que teve seu primeiro caso registrado na cidade de Wuhan, na China, obteve alta disseminação e atingiu proporções globais rapidamente (SHEREEN *et al*., 2020).

Diante desse cenário, teve início uma mobilização mundial pela busca de imunizantes e medicamentos que pudessem conter a propagação do vírus. Segundo a OMS, a imunização é um método amplamente eficaz para prevenir doenças infecciosas, impedindo a morte de cerca de 3 milhões de pessoas todos os anos. Além dos grandes esforços para o desenvolvimento da vacina, a distribuição também é parte determinante no processo de vacinação.

Dessa forma, o processo de disponibilização da vacina para a população é um passo importante para prevenção de doenças nos países de todo o mundo. No Brasil, um país de grande extensão territorial, tal processo se apresenta como um grande desafio, principalmente no que diz respeito ao aspecto logístico.

Nesse contexto, o objetivo da logística pode ser entendido como a obtenção correta da quantidade e qualidade de materiais ou serviços, em um determinado local, momento e para o cliente certo, a um preço assertivo. (FARAHANI et al., 2011)

Além disso, a cadeia de abastecimento do setor farmacêutico envolve diversos atores como laboratórios, fornecedores de insumos farmacêuticos, distribuidores, hospitais, secretarias de saúde e o Ministério da Saúde, o que torna a rede logística altamente complexa (REIS e PERINI, 2008). Somado a isso, quando se trata de vacinas, a dificuldade é ainda maior, uma vez que a qualidade dos imunizantes é altamente sensível à variação de temperatura que pode ocorrer durante o processo de transporte (LIN et al., 2020).

Ballou (2006) sugere que o planejamento logístico tem por objetivo solucionar quatro grandes pilares de problemas: o nível de serviço ao cliente, a localização das instalações, as decisões sobre transportes e as decisões sobre estoques. Desse modo, é importante que sejam levadas em consideração essas quatro dimensões ao se traçar estratégias para a tomada de decisões logísticas.

Por outro lado, o planejamento logístico também pode ser visto como a organização da rede em que ocorre a movimentação da mercadoria entre os pontos de estocagem. É possível que existam várias ligações entre esses pontos que, além de conectarem as atividades de transporte e armazenagem, reúnem também uma rede de fluxo de informação. Portanto, a rede do fluxo de mercadorias e a de informações devem coexistir, uma vez que as informações afetam diretamente variáveis da rede do fluxo de mercadorias, como níveis de estoque e prazos do ciclo de pedidos (BALLOU, 2006).

Por essa perspectiva, o plano para a distribuição da vacina da COVID-19 envolve o estudo de diversos aspectos do planejamento logístico. Tal planejamento possui complexidade, dada a necessidade de se tomar decisões baseadas em dimensões logísticas que se relacionam e exercem impactos diretos umas sobre as outras.

Ademais, considerando que a cadeia de abastecimento em questão é a farmacêutica, mais especificamente a de vacinas, a dificuldade é ampliada, devido à necessidade do elevado controle de qualidade do processo e da temperatura ao longo das atividades de armazenagem e transporte. Por fim, por se tratar de uma situação de pandemia, a velocidade e a eficiência das ações são fatores determinantes para o sucesso dos esforços e para amenizar os impactos da doença à sociedade.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED, 2007), um desastre pode ser caracterizado por situações ou eventos repentinos em que ocorre a sobrecarga da capacidade local, ocasionando grandes impactos negativos e sofrimento humano. Entre os tipos de desastres naturais estão aqueles causados pela exposição dos organismos a germes e substâncias tóxicas, que são chamados de desastres biológicos e podem ser exemplificados por situações de pandemias.

Por essa perspectiva, para Thomas e Kopczak (2005), a Logística Humanitária envolve todo o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e armazenamento de insumos, materiais e informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de aliviar o sofrimento das pessoas em situações de vulnerabilidade. Essa ação abrange diversas atividades como o planejamento, o transporte, o armazenamento e o rastreamento do produto.

Nesse sentido, o gerenciamento das atividades logísticas é fator de extrema importância para o sucesso das operações na Logística Humanitária, tendo em consideração que proporciona ações eficazes e de rápida resposta. Por outro lado, somando-se aquisições e transportes no processo, a logística tende a ser uma das partes mais caras dos esforços. (THOMAS e KOPCZAK, 2005)

Diante do contexto provocado pela pandemia da COVID-19, o conceito e as ações da Logística Humanitária encaixam-se de forma apropriada à situação. Sendo assim, as práticas que envolvem as operações logísticas são um grande desafio, principalmente no território brasileiro que, segundo o IBGE, possui uma grande extensão territorial de 8.547.403 Km². Dessa forma, considerando a dimensão do país, as distâncias e as rotas alternativas para o transporte desses insumos entre os centros de distribuição e os centros de aplicação da vacina, como as Unidades Básicas de Saúde (UBS), podem ser extensas e, portanto, necessitam ser bem planejadas.

Netto (2008) completa que as dificuldades da logística de distribuição de vacinas são encontradas também no processo de planejamento de um sistema que atenda ao nível de serviço ao cliente, em questões relacionadas à disponibilidade e ao tempo de atendimento. Outro fator de atenção está na escolha da estratégia de transporte que precisa equilibrar o custo e a qualidade do serviço oferecido.

Sendo assim, a etapa de distribuição dentro da cadeia de suprimentos é de suma importância para o desempenho eficaz de uma rede logística. Contudo, mesmo havendo na literatura diversos estudos sobre o planejamento das redes de distribuição de insumos em geral, no que se refere à temática de imunizantes, as pesquisas são escassas. Além disso, de acordo com Nogueira et al. (2008), a logística no âmbito humanitário possui certas especificidades que a diferenciam da logística empresarial e que, portanto, precisam ser levadas em consideração no estudo.

Além disso, as mais diversas variáveis presentes em sistemas logísticos e de distribuição, como o transporte, o manuseio do material e o armazenamento, são afetadas diretamente pelas características físicas que o produto possui. Entre elas,

aspectos especiais como fragilidade, perecibilidade, alto valor e necessidade de transporte sob temperaturas controladas. Esses podem impor uma série de restrições para o sistema de distribuição a fim de que ocorra a minimização de riscos, como por exemplo, a incorporação de um processo de transporte e armazenamento especial. (FARAHANI et al., 2011)

Para Farahani et al. (2011), outra importante decisão logística a ser tomada refere-se à determinação dos canais de distribuição que permitem que o produto alcance o mercado. Sendo assim, as empresas de manufatura possuem a escolha de transportar seus produtos diretamente aos consumidores ou incorporar intermediários no processo de distribuição. Possuir intermediários garante diversos benefícios, tendo em vista que possibilita uma distribuição especializada e mais eficiente. Desse modo, dentre os mais diversos canais de distribuição existentes, alguns podem conter vários níveis intermediários, o que determina o comprimento do canal, de modo que cada parte dele impacta diretamente a transferência do produto, desde seu local de produção até o consumidor final.

Nesse contexto, para demonstrar a complexidade existente em uma rede logística, Ballou (2006) afirma que: “Sempre que existirem pontos múltiplos de fontes em condições de servir a pontos múltiplos de destinos, haverá também o problema de combinar os destinos com as fontes e de encontrar as melhores rotas entre eles.”

Outro ponto de atenção no processo de distribuição relaciona-se à escolha ideal dos modos de transporte, principalmente quando o produto ou insumo a ser transportado possui alguma característica especial, como é o caso dos imunizantes. Segundo Netto (2008), o transporte pode ser realizado a partir de uma frota própria ou por meio de serviços terceirizados. Assim, para que ocorra a decisão da escolha do modelo, deve-se levar em consideração fatores como custos, rentabilidade financeira e qualidade do serviço. Ademais, o controle do transporte deve ser ainda maior ao se tratar de vacinas, uma vez que há a necessidade de refrigeração e de adequação das condições técnicas durante o processo.

Além de mapear os pontos que fazem parte da rede logística, é importante também compreender os intervalos de suprimento, considerando as quantidades a serem abastecidas. Para Ballou (2006), o tempo de ciclo do pedido compreende todo o período desde o pedido até a entrega do produto ao cliente. Desse modo, a disponibilidade de estoque está diretamente ligada ao tempo total do ciclo de pedido e a demanda relacionada a cada ponto da cadeia logística.

Nesse cenário, o Plano Nacional de Imunização (PNI) tem por objetivo viabilizar a logística de distribuição de imunobiológicos para as 27 unidades federativas. Para isso, segundo dados do Ministério da Saúde (2020), o território nacional dispõe de uma estrutura de vacinação que conta com uma Central Nacional, 27 Centrais Estaduais, 273 Centrais regionais, aproximadamente 3.342 Centrais Municipais e 52 Centros de Referência para Imunobiológicos Especiais. (CRIE)

Diante disso, para que seja atingido o objetivo do plano de imunização, as vacinas precisam ser distribuídas para cerca de 38 mil salas de vacinação em todo o Brasil, podendo chegar a 50 mil pontos de aplicação em períodos de campanha. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020)

Ademais, considerando a rede pública de saúde do Distrito Federal, informações da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (2021) mostram que a vacinação de rotina é oferecida em mais de 120 unidades de saúde pública. Portanto, é evidente a necessidade de um plano logístico eficiente, a fim de que os imunizantes possam chegar no tempo, na quantidade e no local correto para a aplicação.

Diante do exposto, o problema de pesquisa do presente trabalho pode ser resumido pela seguinte pergunta: Quais são as etapas e as variáveis a serem consideradas para se realizar o planejamento de distribuição das vacinas anti Covid-19 no Distrito Federal?

Com base na relevância e no impacto social que a temática possui, o presente trabalho tem o propósito de promover um estudo sobre o plano de distribuição da vacina contra a COVID-19 no Distrito Federal de modo a projetar um arranjo eficaz que considere os pontos de aplicação disponíveis e a demanda pelo imunizante.

Justifica-se também pela potencial contribuição para estudos mais específicos relacionados ao planejamento da rede logística de imunizantes que podem auxiliar na elaboração de programas de imunização e de iniciativas da saúde pública.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo da distribuição de vacinas da COVID-19 para as unidades de saúde do Distrito Federal.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a rede logística de distribuição de imunobiológicos da rede pública de saúde do Distrito Federal;
- Caracterizar a rede logística para a distribuição das vacinas, considerando as quantidades a suprir, a capacidade de vacinação por unidade de saúde e os intervalos de suprimento;
- Planejar a rede logística para a distribuição das vacinas para as Centrais Regionais de distribuição;
- Desenvolver o roteiro de abastecimento das Centrais de Frio regionais a partir da Rede de Frio Distrital;
- Identificar os custos operacionais de transporte existentes no processo de distribuição.

1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A regionalização da saúde no Distrito Federal garante a autonomia das Regiões de Saúde para a tomada de decisões administrativo-financeiras no âmbito de sua operação, como determina o Decreto nº 38.982. Sendo assim, o trabalho objetiva a proposição de um plano logístico para a distribuição de imunizantes contra a Covid-19, tendo como foco o elo entre a Central da Rede de Frio Distrital e as Regionais, uma vez que as decisões a partir delas podem variar mediante a decisão de cada Região de Saúde.

Ademais, é importante destacar que o plano sugerido é construído com base nos dados, premissas e variáveis levantadas pelo estudo e se limita a essas informações.

1.5 METODOLOGIA

O presente estudo é identificado, quanto a sua abordagem, como uma pesquisa quantitativa, uma vez que tem como intuito promover uma análise numérica acerca do problema de pesquisa. Por outro lado, quanto à natureza, é classificado como pesquisa aplicada, tendo em vista que possui como objetivo final aplicações práticas

para a solução do problema delimitado. Além disso, o estudo caracteriza-se, quanto ao seu objetivo, como pesquisa exploratória, sendo o principal propósito permitir maior familiaridade com o problema apresentado. Por fim, posto que o estudo é realizado por meio da coleta de dados e pesquisa documental, configura-se, quanto ao procedimento, como uma pesquisa de campo.

Diante disso, para atingir os objetivos do trabalho, os seguintes passos metodológicos serão seguidos:

- Revisão bibliográfica sobre redes logísticas e distribuição de insumos para vacinação na rede pública;
- Identificação da demanda por vacinas contra a Covid-19 nas diferentes regiões administrativas do DF;
- Localização espacial dos pontos de aplicação de vacina e suas respectivas demandas;
- Planejamento das rotas e dimensionamento da frota de distribuição;
- Simulação da rede logística para a distribuição de vacinas de acordo com a demanda existente, a oferta de insumos e a capacidade de armazenagem dos centros de distribuição;
- Estimação dos custos operacionais de transporte envolvidos no processo de distribuição;

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, organizados da seguinte maneira:

I. O primeiro capítulo contempla a introdução ao tema e contém a contextualização, a justificativa, os objetivos e a metodologia da pesquisa.

II. O segundo capítulo corresponde ao referencial teórico, sendo apresentados os conceitos de logística e logística humanitária. Apresenta-se também os principais modelos de cadeias logísticas e a estrutura do Plano Nacional de Imunização (PNI) e da Rede de Frio Distrito Federal.

III. O terceiro capítulo identifica a estrutura da cadeia logística e determina as variáveis relevantes para um plano de vacinação contra a Covid-19 no Distrito Federal, levando em conta as localizações dos pontos de aplicação

da vacina, juntamente com as demandas identificadas em cada região. Ademais, é exposto nesse capítulo a capacidade de vacinação estimada em cada ponto, além da disponibilidade de armazenamento de imunizante nas Centrais da Rede de Frio Regionais.

IV. O quarto capítulo apresenta uma simulação da rede logística de distribuição da vacina da Covid-19, a partir dos dados identificados nos capítulos anteriores. A simulação conterá um resumo das variáveis relevantes, uma proposição de roteiro e do planejamento logístico de distribuição dos imunobiológicos para o Distrito Federal, o dimensionamento da frota e as estimativas dos custos operacionais envolvidos no processo de distribuição.

V. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão, as limitações e as recomendações do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta conceitos de logística e logística humanitária, bem como os principais modelos de distribuição existentes. Além disso, são abordados os conceitos sobre o processo de distribuição de insumos farmacêuticos, como as vacinas, e o modelo adotado pelo Plano Nacional de Imunização, detalhando-se a estrutura da rede presente no Distrito Federal.

2.1 LOGÍSTICA

O conceito de logística surgiu inicialmente em contextos ligados às operações militares. A logística na área militar era utilizada para possibilitar o avanço das tropas, uma vez que era necessário gerenciar, em paralelo, os deslocamentos de insumos bélicos, alimentos, roupas e socorro médico no campo de batalha, no momento correto (NOVAES, 2007).

Nesse contexto, a partir da evolução do conceito, surge a definição da logística pela ótica empresarial. Assim, a temática passou a ser compreendida como a gestão integrada de atividades como movimentação e armazenagem, em substituição às práticas anteriormente mais comuns, nas quais as atividades eram administradas de formas desconectadas. (BALLOU, 2006)

O glossário desenvolvido pelo *Council of Supply Chain Management Professionals* (2013) define a logística empresarial da seguinte maneira:

> Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes. (COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, 2013, p. 12)

De acordo com Farahani et al. (2011), no conceito moderno empresarial, a logística se mostra como uma estratégia competitiva para que as empresas sejam capazes de atender às expectativas de seus clientes. Além disso, ela envolve uma série de atividades que vão desde as compras e planejamento, até o armazenamento e distribuição para o atendimento ao cliente.

Para Ballou (2006), produtos e serviços apenas possuem valor a partir do instante em que são disponibilizados para os clientes no momento e no local correto

para o consumo. Sendo assim, a logística é entendida como a criação de valor aos clientes e fornecedores, por meio dos aspectos de tempo e lugar. Em adição, Novaes (2007) afirma que a logística moderna prioriza, além da agregação de valor, eliminar fatores que geram somente custos e perda de tempo para o cliente.

Conforme sugere Farahani et al. (2011), o processo logístico pode ser dividido em três diferentes partes: 1) a logística de entrada, que se refere à movimentação dos materiais provenientes dos fornecedores; 2) a gestão de materiais, que considera o fluxo de insumos e o armazenamento dentro da empresa; 3) a logística de saída, que diz respeito à movimentação e ao armazenamento de produtos desde a finalização de sua produção até a disponibilização para o cliente.

Em adição, Ballou (2006) afirma que a logística pode ser vista como um conjunto de atividades em que as matérias-primas são convertidas em produtos acabados, para que se possa agregar valor ao consumidor.

Por outra perspectiva, Ballou (2006) completa que o planejamento logístico busca equilibrar quatro grandes aspectos: níveis de serviço ao cliente, localização das instalações, decisões sobre transporte e decisões sobre estoque. Tais áreas impactam diretamente umas às outras e, portanto, devem estar bem alinhadas às estratégias da empresa. Desse modo, o planejamento logístico pode ser exemplificado por um triângulo de tomada de decisões, conforme é exibido na Figura 1:

Figura 1 – O triângulo de tomada de decisões logísticas

Fonte: Ballou (2006)

2.2 LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

A Logística Humanitária pode ser entendida como o planejamento, o controle, o armazenamento e o gerenciamento do fluxo de informações de bens e materiais, desde o ponto de origem até o consumidor final, considerando uma boa relação de custo-benefício, com o objetivo de aliviar o sofrimento de pessoas em situações de vulnerabilidade (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

Segundo Thomas e Kopczak (2005), diante de situações calamitosas, a Logística Humanitária mostra-se importante, principalmente, por exigir eficiência e rápida velocidade de resposta para atender aos programas de ajuda. Além disso, tendo em vista que o departamento logístico realiza o rastreamento de mercadorias na cadeia de suprimentos, os dados registrados ao longo do processo podem ser armazenados e analisados com o objetivo de gerar históricos de lições aprendidas para uso futuro, como, por exemplo, dados relacionados à eficácia dos fornecedores e transportadores.

A Logística Humanitária está inserida em situações em que ocorrem os chamados desastres. Os desastres são entendidos como eventos ou situações em que a capacidade local é sobrecarregada, ocasionando sofrimento humano e gerando necessidade de assistência em nível nacional ou internacional para alívio da situação. Os desastres podem ser classificados em diferentes categorias, mas diante de situações em que são decretadas pandemias, o desastre é considerado biológico (CRED, 2007).

De acordo com Costa et al. (2015), a eficiência logística é um fator de extrema importância para o sucesso da ação humanitária, uma vez que busca garantir, dentro de uma cadeia de suprimentos complexa, o fluxo de insumos e de serviços. Diante desse cenário, Ivanov (2020) completa que situações de epidemias são consideradas de risco para a cadeia de suprimentos, tendo em vista as altas incertezas, interrupções de prazo e impactos em fatores como oferta, demanda e infraestrutura logística, o que pode ocasionar um efeito cascata.

Nesse sentido, Nogueira et al. (2008) demonstram que existem diferenças a serem consideradas entre a logística empresarial e a logística humanitária. Entre as dessemelhanças encontradas estão questões ligadas à vida humana e ao modelo de demanda que, na logística humanitária ocorre de forma imprevisível e é estimada a partir das necessidades identificadas, diferentemente do que ocorre na logística

empresarial, em que a demanda pode ser prevista. Ademais, na logística humanitária, a manutenção da vida humana é sempre o principal objetivo a ser atingido.

2.3 PLANEJAMENTO DE REDES LOGÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS

Segundo Ballou (2006), a localização geográfica dos pontos de estocagem e dos centros de abastecimento são os estágios iniciais para o plano logístico. Sendo assim, é a partir das localizações, associadas às demandas em cada um destes pontos, que é possível determinar e projetar as rotas para que os produtos sejam direcionados ao mercado. Além disso, a determinação destes fatores é o que definirá os custos da movimentação do produto, desde sua fabricação até a chegada ao usuário final.

Por outro lado, pode-se também observar o planejamento logístico como uma rede abstrata de nós e de ligações, formando-se assim a chamada rede logística. Como sugere Ballou (2006), as redes são o fluxo de movimentação de mercadorias entre os pontos de estocagem, fábricas e lojas. Já os nós representam os pontos, nos quais os estoques executam uma parada temporária em seu caminho até os centros de demanda.

Para Farahani et al. (2011), a logística engloba dois tipos de fluxo: o fluxo físico de materiais e o fluxo de informações. O fluxo físico considera a direção de uma mercadoria, desde o ponto de origem até seu ponto de consumo. Já o fluxo de informações trabalha, geralmente, em direção contrária ao fluxo físico, de forma combinada ao fluxo de mercadorias, exercendo influência sobre fatores da cadeia logística, como, por exemplo, sobre os prazos dos ciclos de pedido.

De acordo com Machado e Novaes (1993), a determinação do modelo mais adequado de uma rede logística, ao considerar os custos logísticos globais, que são aqueles que envolvem despesas como as de transporte, de entrega e de estoque, dependerá de fatores como o tipo de produto, tempo de abastecimento e nível de serviço ao cliente.

Nesse sentido, há na literatura diversos estudos acerca das dimensões a serem avaliadas para escolha da rede de distribuição logística mais adequada. De acordo com Chopra (2003), as decisões-chave a serem consideradas ao estruturar

uma cadeia de distribuição são: 1) O produto será entregue na localização do cliente ou retirado de um local predeterminado? 2) O produto fluirá por um local intermediário?

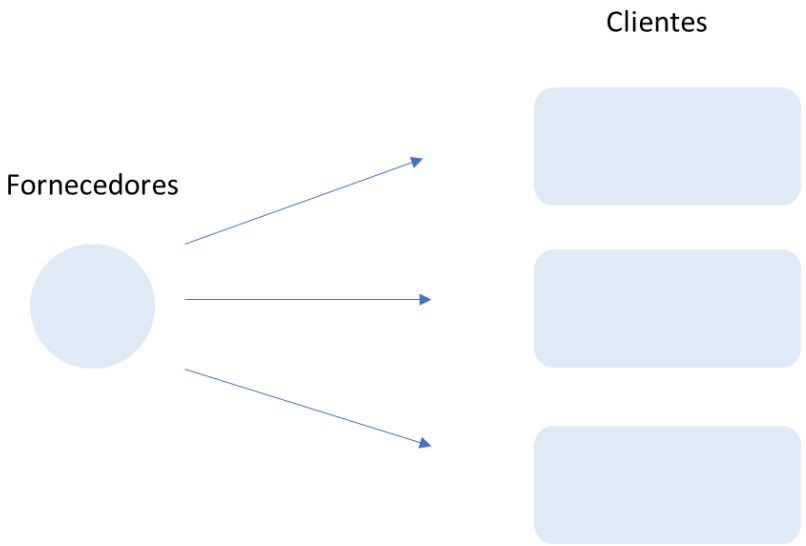
Dessa maneira, existem diferentes tipos e modelos de redes de distribuição, que possuem pontos positivos e negativos, a depender das variáveis existentes. De acordo com Chopra (2003), alguns dos modelos mais utilizados são: 1) estruturas de entrega direta; 2) entregas diretas com operações de *In-Transit Merge;* 3) entregas a partir de centros de distribuição; 4) Entregas via centro de distribuição com *cross docking*.

2.3.1 A distribuição direta ou *Drop Shipping*

O modelo de distribuição direta ocorre quando o produto é distribuído, desde o fornecedor até o cliente final, utilizando-se de um mesmo veículo, sem passar por pontos intermediários durante o percurso (CHOPRA, 2003).

Conforme sugere Quagliato (2009), esse tipo de estrutura ocorre, normalmente, em situações em que há transferências de grandes lotes de matéria ou em cenários de transporte de insumos primários para indústrias de transformação. Nesse contexto, destacam-se as operações dos setores de *commodities* agrícolas e mineração, em que há o transporte de grandes quantidades de insumos. A Figura 2 exemplifica o modelo de distribuição direta:

Figura 2 – A rede de distribuição direta



Fonte: Adaptado de Chopra (2003)

Em adição, Chopra (2003) afirma que, nesse tipo de estrutura, os estoques são armazenados no próprio fabricante e isso pode representar um ponto positivo, tendo em vista a possibilidade de se agregar a demanda e fornecer um alto nível de disponibilidade do produto. Além disso, quando se trata de produtos que possuem um nível de customização, o modelo permite um nível de estoque menor, adiando a personalização até que o cliente tenha feito o pedido.

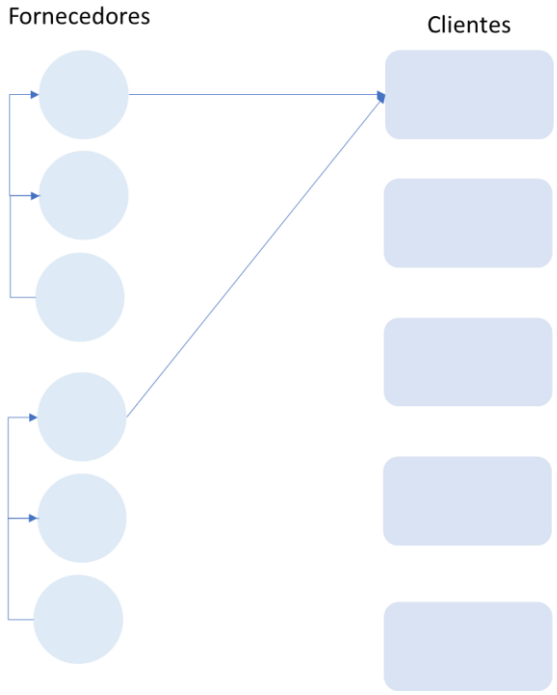
Com relação aos custos do modelo de distribuição direta, os gastos de transporte tendem a ser mais elevados, considerando que as distâncias entre os fornecedores e o consumidor final são maiores. Por outro lado, pode haver redução nos custos de estocagem, uma vez que o armazenamento é centralizado no próprio fornecedor (CHOPRA, 2003).

2.3.2 Entrega direta com In-Transit Merge

Para Chopra (2003), a entrega direta associada ao modelo *in-transit merge,* combina partes do pedido advindas de diferentes localidades para que o cliente receba uma entrega única.

Juvella e Vanelle (2002) destacam que o modelo *Merge in Transit* pode ser entendido como uma variação da estrutura de M*ilk Runs* e do *Cross Docking.* No tipo de entrega definido como *Milk Runs,* o processo de distribuição possui alto nível de planejamento, com volumes e horários bem definidos. Nesse sentido, o principal objetivo do modelo é otimizar a utilização do transporte, promovendo a máxima utilização da capacidade e, consequentemente a redução de custos logísticos (QUAGLIATO, 2009). Por outro lado, segundo Juvella e Vanelle (2002), o *Cross Docking* envolve o recebimento de mercadorias de diversos fornecedores que atendem a clientes comuns. O modelo da entrega direta com *In-Transit Merge* é esquematizado na Figura 3:

Figura 3 – A rede de distribuição direta com *Merge in Transit*



Fonte: Adaptado de Chopra (2003)

Nesse contexto, o processo de entrega direta com o *Merge in Transit* possui como vantagens a redução do tempo de atendimento, além da redução dos custos de transporte, quando comparado à distribuição direta. Por outro lado, o processo possui alta dependência dos fornecedores, pois os atrasos podem acarretar problemas na entrega de produtos (JUVELLA e VANELLE, 2002).

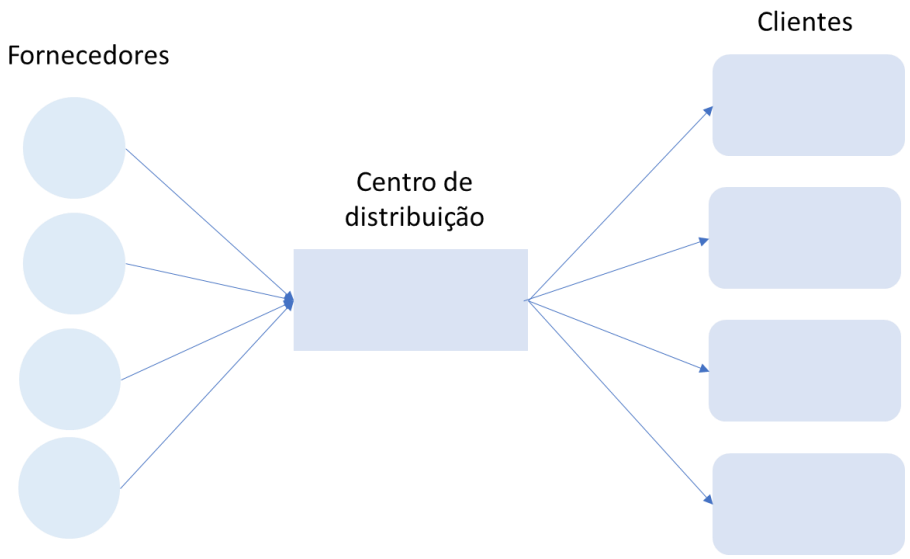
2.3.3 Entregas a partir de centros de distribuição

Os centros de distribuição (CD) são considerados os pontos da cadeia logística que possuem como objetivo principal armazenar produtos acabados para transportá-los para outros centros de distribuição, unidades, filiais ou clientes. A escolha da localização dos CDs é determinante para a estratégia de distribuição, já que visa a minimização dos custos e a redução do tempo de entrega do produto ao cliente (GALAMBA et al, 2010).

Nessa opção, que também pode ser chamada de distribuição escalonada, os estoques são mantidos pelos distribuidores e não pelos fabricantes, como ocorre na estrutura de distribuição direta. Dessa forma, há no percurso armazéns intermediários

para transportar os produtos a partir desses pontos até o cliente final (CHOPRA, 2003). O modelo é demonstrado no esquema da Figura 4:

Figura 4 - Entregas a partir de centros de distribuição



Fonte: Adaptado de Chopra (2003)

Além disso, as estruturas dos centros de distribuição comportam ações de recebimento, triagem e separação, para que a carga seja fracionada durante o percurso até que, em sua etapa final, seja transportada, geralmente, por veículos de menor porte. Dessa forma, os custos desse modelo de entrega tendem a ser maiores, uma vez que há a necessidade de maior incorporação de mão de obra nas ações de entrega, preparação da carga e roteirização (QUAGLIATO, 2009).

Por outro lado, as entregas a partir de centros de distribuição oferecem melhores níveis de serviço ao cliente, visto que o tempo de ressuprimento ou *lead time* é menor já que os produtos possuem maior disponibilidade por estarem mais próximos dos clientes finais (GALAMBA et al, 2010).

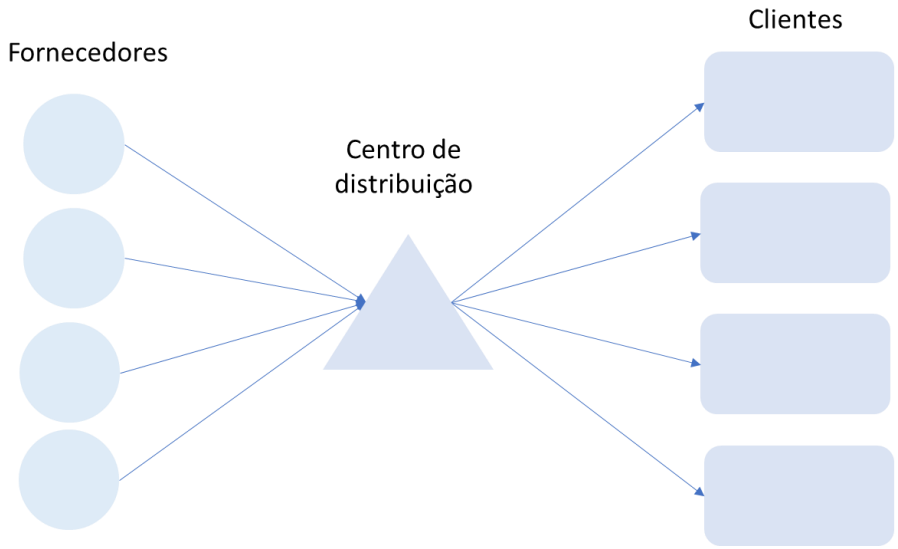
2.3.4 Entregas com centro de distribuição e *Cross Docking*

Segundo Quagliato (2009), o *cross docking* pode ser entendido como o processo de movimentação do produto por meio de um centro de distribuição, sem que haja estocagem. Dessa forma, o modelo permite maior agilidade no processo de

distribuição até o consumidor, uma vez que o tempo de parada do produto no armazém é reduzido.

Nesse sentido, a operação de *cross docking* é importante em grandes sistemas de distribuição nos casos em que há um número elevado de veículos que realizam, simultaneamente, entregas e retiradas de produtos (QUAGLIATO, 2009). A Figura 4 exemplifica um modelo de entrega via centro de distribuição e a operação de *Cross Docking*:

Figura 4 – Distribuição com centro de distribuição e Cross Docking



Fonte: Adaptado de Chopra (2004)

Oliveira e Pizzolato (2002) explicam que as instalações que operam com esse modelo recebem produtos de vários fornecedores e, dentro dos centros de distribuição, são realizadas as separações dos produtos. Em seguida, os produtos, advindos de diferentes fornecedores, são combinados de forma a completarem a capacidade dos veículos.

Ademais, o fato de os armazéns não realizarem a estocagem dos produtos por um longo período permite uma redução considerável nos custos de armazenagem, além de diminuir a necessidade de uma grande área física para comportar o centro de distribuição (OLIVEIRA e PIZZOLATO, 2002).

2.4 A ESCOLHA DO MÉTODO DE DISTRIBUIÇÃO

Como exposto, há diversos fatores a serem levados em consideração ao se realizar o planejamento de uma rede de distribuição logística. Sendo assim, para se determinar o melhor modelo a ser adotado, levando em consideração diferentes variáveis e, por vezes, objetivos conflitantes, existem métodos que podem auxiliar nessa complexa atividade.

Conforme sugere Shapiro (2004), as estratégias de decisão relacionadas à cadeia de suprimentos eram, antigamente, baseadas em fatores qualitativos. Contudo, atualmente, é observada uma maior aplicação de modelos descritivos, aqueles baseados em previsões de demandas e de custos, e de modelos prescritivos, fundamentados em fatores de otimização, com o intuito de auxiliar na tomada da melhor decisão diante de cada cenário.

Nesse cenário, um importante método para proposição de um modelo de distribuição logística é o do caixeiro viajante (PCV). Nesse método, em um contexto em que existem múltiplos nós, pontos de demanda, e arcos, que representam o fluxo da mercadoria na rede logística, o objetivo consiste em encontrar o caminho de menor comprimento para abastecer todos os pontos, passando apenas uma vez por cada um, retornando-se ao ponto em que se iniciou o percurso (RIBEIRO; GALLI, 2021).

Contudo, Ribeiro e Galli (2021) completam que o método do PCV pode não ser viável em situações de resolução de problemas de grande porte, uma vez que o número de soluções possíveis é extremamente grande até mesmo para resoluções computacionais. Nessas situações, soluções aproximadas são relevantes e podem ser obtidas por meio de métodos heurísticos, cujo objetivo é resolver problemas de alta complexidade, sem, no entanto, ser possível necessariamente definir a solução ótima.

Nesse contexto, Godinho e Miranda (2014) completam que, em cenários de tomada de decisão, em que existem formas divergentes de avaliar uma mesma ação, é importante buscar pela opção que ofereça o melhor resultado ou, ainda, que esteja mais bem alinhada às expectativas do tomador de decisões, equilibrando os aspectos objetivos e subjetivos.

Sob essa perspectiva, a análise multicritério é um dos métodos a serem aplicados em contextos logísticos em que se busca a resolução de um problema em

que diversas variáveis devem ser manejadas diante dos resultados a serem obtidos (TAVARES; RIBEIRO; 2014).

Tavares e Ribeiro (2014) demonstram a aplicabilidade da análise multicritério em problemas de tomada de decisão acerca modo de transporte para a distribuição de vacinas, ao aplicar a *Analytic Hierarchy Process* (AHP), um método no qual o problema é analisado de forma hierárquica e as alternativas são comparadas aos pares dentro dos níveis de hierarquia. Para esta análise, aspectos relacionados às condições operacionais do transporte, como o custo e o tempo, foram cruzados com aspectos específicos do transporte da rede de frio, como a existência de rastreamento na entrega e a regularidade. Sendo assim, a análise multicritério possibilitou uma observação das variáveis envolvidas, de forma a atender ao problema da maneira mais eficaz possível.

2.5 ROTEIRIZAÇÃO

Os modelos heurísticos para a resolução do chamado Problema de Roteamento de Veículos (*VRP – Vehicle Routing Problem*) existentes são os mais diversos. Nesse contexto, a problemática pode ser entendida como o processo de abastecimento dos chamados nós de demanda, a partir de uma frota de veículos disponíveis, atendendo às restrições previamente determinadas como a duração da rota e a capacidade do veículo (WU, 2008).

Novaes (2007) afirma que a roteirização é construída com base em três fatores: decisões, objetivos e restrições. As decisões se referem ao arranjo dos nós a serem abastecidos, definindo-se a programação e o sequenciamento das visitas. Por outro lado, os objetivos podem ser entendidos como o atendimento ao nível de serviço ao cliente ou dos aspectos de custos que envolvam a operação. Além disso, as restrições são os fatores que devem ser atendidos para que o roteiro se adeque à realidade apresentada, como é o caso do cumprimento dos limites de tempo ou de capacidade de carga do veículo.

Nesse contexto, o método do caixeiro viajante é um exemplo de aplicação para o Problema de Roteamento de Veículos. Como exposto, nesse método, o objetivo consiste em determinar o menor deslocamento possível, que se inicia e retorna a um mesmo centro de distribuição, passando por cada nó de demanda uma única vez (WU, 2008).

Laporte (2000) completa que o modelo de Clarke e Wright (1964) é um dos mais conhecidos modelos heurísticos clássicos e se baseia no critério de economia de distâncias.

Sendo assim, as principais técnicas nesse tipo de modelo são mesclar as rotas seguindo os critérios de economia de distâncias, atribuindo novos vértices ou nós à rota seguindo as determinações do algoritmo proposto, partindo e iniciando a rota a partir de um mesmo ponto, sendo priorizadas as maiores economias de distâncias para compor o roteiro. Nesse método, cada ponto é visitado uma única vez por rota e os limites de capacidade do veículo não devem ser excedidos (LAPORTE, 2000).

O algoritmo de economia de distâncias é um dos mais conhecidos para VRP. No algoritmo (01), $ci0$ representa a distância de um nó até o centro de distribuição, $cj0$ a distância de outro nó em relação ao mesmo ponto, e cij a distância entre os dois pontos de demanda.

$$Sij = ci0 + cj0 - cij, para\ i, j = 1, \dots, n\ e\ i \neq j. \quad (01)$$

2.6 A DISTRIBUIÇÃO DE INSUMOS FARMACÊUTICOS

A Assistência Farmacêutica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) e como parte integrante da Política Nacional de Saúde (PNS), tem por objetivo garantir o acesso a medicamentos e insumos para toda população brasileira, assim como a serviços farmacêuticos. O acesso amplo vai ao encontro do direito à saúde, garantido constitucionalmente para toda a sociedade brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

Diante desse contexto, para que ocorra o amplo acesso a medicamentos e insumos farmacêuticos em geral, são necessários métodos e técnicas estruturadas e adequadas a cada contexto. Para Pinto (2016), ações como distribuição de medicamentos são realizadas de forma a assegurar a qualidade do fármaco, além de garantir a disponibilidade nos locais de atendimento ao usuário. Além disso, deve-se considerar também a existência de alguns produtos farmacêuticos, como as vacinas, que necessitam de condições especiais para o transporte e armazenamento a partir de ambientes refrigerados.

De acordo com o Manual de Rede de Frio do Programa Nacional de Imunizações (2013), a sensibilidade é uma propriedade importante no contexto das vacinas, uma vez que diz respeito à reação dos organismos aos estímulos provocados externamente ou internamente às variações de quantidade ou intensidade. Por essa perspectiva, a sensibilidade da vacina é diretamente relacionada à temperatura em que ela é armazenada, que deve estar de acordo com o que foi estabelecido pelo laboratório que a produziu para garantir a manutenção de suas condições ideais e de sua potência imunogênica.

Por essa razão, o transporte dos imunológicos é também uma ação que necessita de extrema cautela. O Artigo 61 da Lei nº 6.360, que dispõe sobre a Vigilância Sanitária, garante que, ao se tratar de produtos que exijam condições especiais de armazenamento e guarda, os veículos que os transportam devem ser capazes de assegurar a conservação, a segurança e a eficácia dos mesmos (BRASIL, 1976).

Em adição, o controle e o monitoramento da temperatura são necessários ao longo de todo o percurso, assim como devem ser levados em consideração os choques mecânicos ou os impactos que possam ser sofridos, a fim de se evitar microfissuras que possam expor o produto a contaminações ou mesmo causar a perda (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Ainda no que diz respeito ao processo de distribuição de imunobiológicos, Netto (2008) avalia alguns gargalos quanto ao desempenho do fornecimento de vacinas no Plano Nacional de Imunização (PNI). Entre os fatores observados, está o fato de que os estágios da distribuição são conduzidos de forma isolada, desconsiderando a premissa de que ações impactam o sistema como um todo.

Netto (2008) completa que, nas fases de distribuição entre as esferas regionais e municipais, por exemplo, o abastecimento regional transfere a responsabilidade de transporte para os municípios, que, por sua vez, adotam modos de deslocamento inadequados para levar os imunobiológicos até as regionais de saúde.

Deste modo, quanto maior a proximidade do ponto nodal da sala de vacinação, menor tende a ser a qualidade da operação, o que afeta o abastecimento de forma geral (NETTO, 2008).

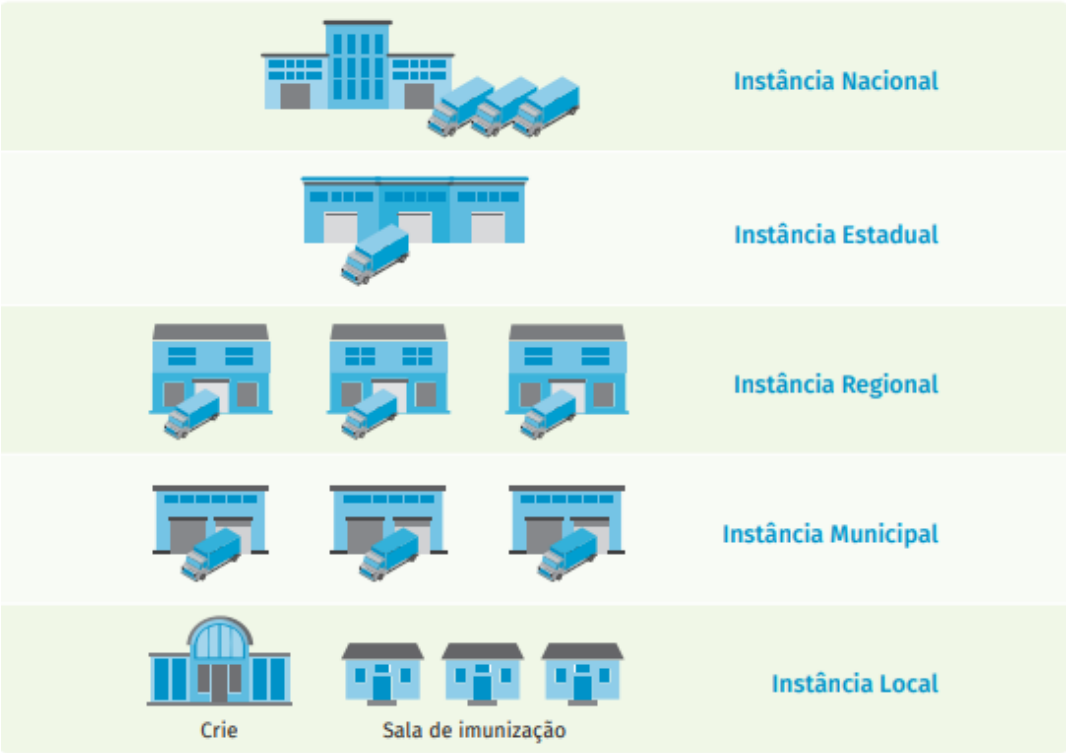
2.7 O PLANO NACIONAL DE IMUNIZAÇÕES

O Plano Nacional de Imunizações (PNI) foi criado no ano de 1973 com o objetivo de reduzir a morbimortalidade devido às doenças imunopreveníveis. Dessa maneira, o programa é responsável pela política nacional de imunizações, implementando ações estratégicas de vacinação de rotina e promovendo campanhas de imunização. Devido aos seus resultados positivos, atualmente, o PNI é reconhecido como um dos maiores programas de vacinação do mundo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Nesse sentido, o planejamento da vacinação é um dos fatores mais importantes para o sucesso de um plano de imunização. Para Silva e Flauzino (2017), até que ocorra a imunização de fato, uma série de ações são necessárias como: 1) planejar o calendário de vacinação; 2) organizar as unidades e centrais de rede de frio com materiais e recursos humanos de forma adequada; 3) preparar os centros de imunização para aplicação dos imunizantes; 4) garantir uma infraestrutura para manuseio, conservação, registro e descarte de resíduos.

Por essa perspectiva, a fim de se operacionalizar a vacinação, o território nacional conta com a chamada Cadeia de Frio que garante o processo logístico de armazenamento, conservação, distribuição e transporte de imunobiológicos do PNI (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). A estrutura é organizada em instâncias que são divididas em: nacional, estadual, regional, municipal e local. A Figura 5 exemplifica o formato da Cadeia de Frio Nacional:

Figura 5 - Instâncias da Rede de Frio



Fonte: Ministério da Saúde (2007)

De acordo com o Ministério da Saúde (2007), as responsabilidades de cada instância podem ser resumidas da seguinte maneira:

- **Instância Nacional:** É representada pela Coordenação-Geral do Programa Nacional de Imunizações (CGPNI). A instância é responsável pela formulação de normas e pelo funcionamento da Cadeia de Frio, bem como pela realização da comunicação entre as instâncias e o planejamento das aquisições de vacinas;
- **Instância Estadual:** Planeja as necessidades dos imunobiológicos de cada unidade federada. No total, são 27 centrais estaduais que se comunicam com a instância nacional;
- **Instância Regional:** Instância existente em algumas unidades federadas que são subordinadas às Secretarias Estaduais de Saúde e atuam de forma estratégica para distribuição das vacinas. Podem assumir responsabilidades semelhantes às das centrais estaduais para os municípios de sua abrangência;

- **Instância Local:** Responsável pela atividade fim do PNI, atuando em contato direto com o usuário final. A instância local pode ser representada pelas salas de imunização, onde ocorrem os procedimentos de vacinação, e pelos Centros de Referência para Imunobiológicos (CRIE), que são instalações capazes de administrar os imunobiológicos de forma a facilitar o acesso à população, principalmente para grupos de pessoas com imunodeficiência ou condições de morbidade;

2.8 A REDE DE FRIO DO DISTRITO FEDERAL

A coordenação das ações para a vacinação no Distrito Federal é de responsabilidade da Secretaria de Saúde (SES), em conjunto com a Subsecretaria de Vigilância em Saúde (SVS) e a Subsecretária de Assistência Integral à Saúde (SAIS). Nesse contexto, a SES tem por objetivo atender, com os imunobiológicos – as vacinas, os soros e as imunoglobulinas - provenientes do Plano Nacional de Imunização do Ministério da Saúde, às 33 Regiões Administrativas (RA) do Distrito Federal, localizadas em uma área de cerca de 5.780 Km² (SES-DF, 2020).

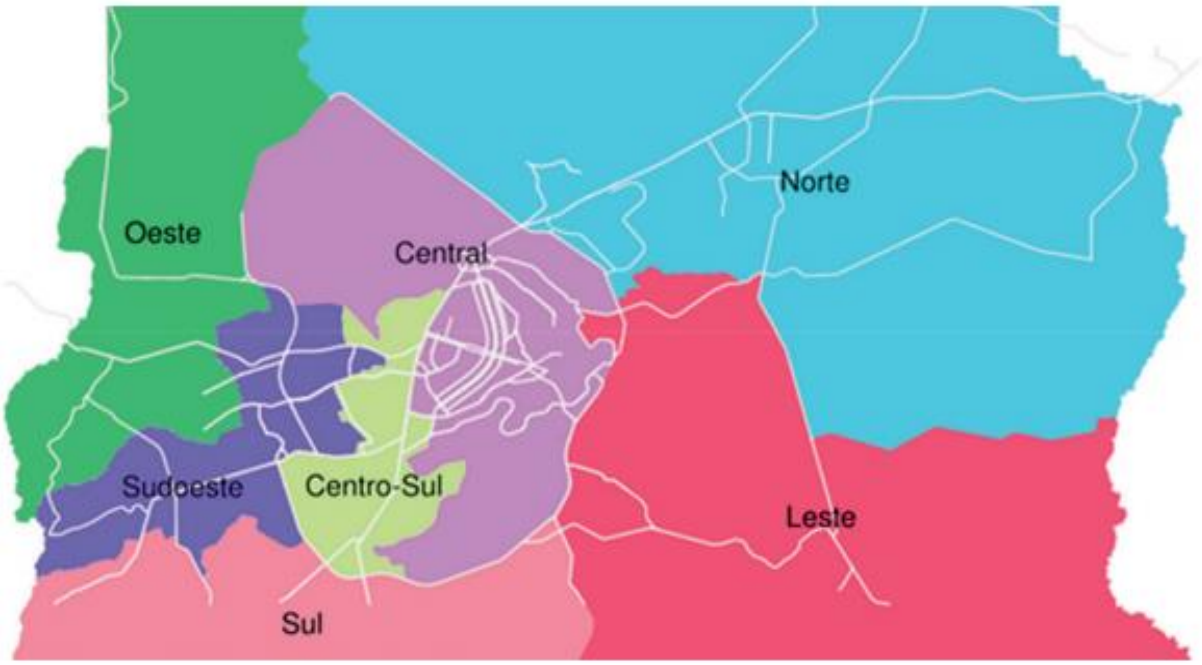
A Rede de Frio, que iniciou suas operações no ano de 2001 no Distrito Federal, conta com equipamentos que possibilitam o armazenamento de até um milhão de doses por mês em períodos de campanha. Entre os equipamentos que compõe sua estrutura estão a câmara frigorífica, as câmaras frias verticais, os freezers, além de um almoxarifado que armazena outros insumos necessários à vacinação, como seringas, agulhas, álcool e caixas térmicas.

Nesse contexto, a descentralização da saúde é uma prática comum adotada no território brasileiro. Sendo assim, a partir de 2015 o Distrito Federal aderiu ao modelo descentralizado da gestão da saúde, com o objetivo de possibilitar melhor transparência de informação, maior eficiência na utilização de recursos e nos resultados assistenciais.

Sendo assim, foi implantado o Programa de Gestão Regional em Saúde que dividiu a área do Distrito Federal em sete Regiões: a Centro-Sul, a Centro-Norte, a Oeste, A Sudoeste, a Norte, a Leste e a Sul. Com isso, cada região é representada por uma superintendência que possui autonomia administrativo-financeira, mas que,

trabalha de forma integrada com as outras unidades (SES-DF, 2017). A Figura 6 ilustra a divisão do território nas Regiões de Saúde:

Figura 6 – Regiões de Saúde do Distrito Federal



Fonte: Secretaria de Saúde do Distrito Federal (2020)

Considerando a ótica da operacionalização do abastecimento dos imunobiológicos, em contextos comuns, a Rede de Frio emite pedidos ao PNI para a vacinação de rotina com frequência mensal. Os pedidos são, então, encaminhados à central de distribuição nacional do Ministério da Saúde, localizada em São Paulo, para posterior abastecimento da central do Distrito Federal. A distribuição para as centrais regionais é realizada conforme os pedidos efetuados por região, de acordo com o consumo médio, o tamanho da população e o total de salas de vacinação.

No que diz respeito aos espaços físicos, as Unidades Básicas de Saúde (UBS) são os principais pontos onde, normalmente, ocorrem as vacinações. Contudo, as ações podem ocorrer também em domicílio, creches, escolas, abrigos ou quaisquer espaços públicos, desde que autorizados e sob o controle sanitário adequado.

3 A ESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO DE IMUNOBIOLÓGICOS DO DISTRITO FEDERAL

O presente capítulo mapeia e detalha a estrutura de distribuição dos imunobiológicos realizada pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal, a partir da sua Rede de Frio. Além disso, apresenta uma análise da capacidade diária de imunização por unidade de vacinação disponível durante o período de campanha da imunização da Covid-19.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA REDE DE VACINAÇÃO

A vacinação de rotina no Distrito Federal é oferecida em 169 salas de vacinação que se distribuem entre Unidades Básicas de Saúde (UBS), unidades hospitalares, unidades secundárias, Centros de Referência de Imunobiológicos Especiais (CRIE) e órgãos públicos.

Entre os pontos de vacinação que estão localizados nas Unidades Básicas de Saúde (UBS), das 173 UBSs existentes no território, 131 possuem capacidade para oferecer os imunizantes. O levantamento dos dados foi realizado a partir de informações disponíveis no site da Info-Saúde, da Secretaria de Saúde do Distrito Federal, excluindo-se da pesquisa as unidades em que não são ofertadas a imunização de rotina.

Além disso, para compor a Rede de Frio do DF, localiza-se no SIA a Central de Recebimento, Armazenamento e Distribuição de Imunobiológicos, ponto para onde todas as vacinas enviadas ao Distrito Federal devem ser encaminhadas, para que sejam realizados os procedimentos padrões de recebimento, como a inspeção quanto a avarias, checagem de temperatura e de lote.

Por outro lado, as centrais regionais da Rede de Frio são responsáveis pela distribuição dos imunobiológicos para as salas de vacinação de sua respectiva Região de Saúde. Tais centrais se localizam nos Hospitais Regionais da Asa Norte, Ceilândia, Gama, Paranoá, Planaltina, Taguatinga e Sobradinho e na Unidade Básica de Saúde nº 1 do Núcleo Bandeirante, totalizando oito centros de distribuição regionais (SES-DF, 2020).

O Quadro 1 representa as centrais regionais, seus endereços e as respectivas Regiões de Saúde em que estão inseridas:

Quadro 1 - Centrais Regionais da Rede de Frio e suas respectivas localizações

CENTRAL REGIONAL	ENDEREÇO	REGIÃO DE SAÚDE
Hospital Regional da Asa Norte	Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, SMHN Q 2 - Asa Norte, Brasília - DF, 70710-100	Central
Hospital Regional da Ceilândia	Hospital Regional de Ceilândia, QNM 27 Área Especial 1, QNM 28 - Taguatinga, Brasília - DF, 72215-270	Oeste
Hospital Regional do Gama	Hospital Regional do Gama, Área Especial nº 01, St. Central - Gama, Brasília - DF, 72405-901	Sul
Hospital Regional do Paranoá	Área especial hospitalar, quadra 2, conj. K, lote 1, CEP 71570-050 Paranoá- DF	Leste
Hospital Regional de Planaltina	Hospital Regional de Planaltina, AV, St. Hospitalar QD 1 - Planaltina, Brasília - DF, 73310-000	Norte
Hospital Regional de Taguatinga	Hospital Regional da Asa Norte – HRAN, SMHN Q 2 - Asa Norte, Brasília - DF, 70710-100	Sudoeste
Hospital Regional de Sobradinho	Hospital Regional de Sobradinho, Q 12 - Sobradinho, Brasília - DF, 70297-400	Norte
UBS 1 - Núcleo Bandeirante	UBS 1 Núcleo Bandeirante (CSNB02), 3 Avenida Área Especial L N 3 3, Núcleo Bandeirante, Brasília-DF, 71720-585	Centro-Sul

Fonte: Autor (2021)

Nesse contexto, tendo em vista a regionalização da saúde no Distrito Federal, o Decreto nº 38.982, que determina a estrutura administrativa da Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, institui que as superintendências de saúde agrupam as regiões administrativas do Distrito Federal da seguinte forma:

- **Região de Saúde Central**: Asa Sul, Asa Norte, Lago Norte, Lago Sul, Varjão, Cruzeiro, Noroeste, Sudoeste/Octogonal

- **Região de Saúde Centro-Sul:** Guará, Cidade Estrutural, Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Riacho Fundo I, Riacho Fundo II, Park Way, Setor de Indústria e Abastecimento (SIA)
- **Região de Saúde Norte:** Planaltina e Sobradinho
- **Região de Saúde Sul:** Gama e Santa Maria
- **Região de Saúde Leste:** Paranoá, Itapoã, Jardim Botânico e São Sebastião
- **Região de Saúde Oeste**: Ceilândia e Brazlândia
- **Região de Saúde Sudoeste:** Taguatinga, Vicente Pires, Águas Claras e Recanto das Emas e Samambaia;

Após especificada a estrutura de vacinação do DF, é importante destacar que, durante o período de campanha de vacinação da Covid-19, foram delimitados pontos exclusivos para atender à demanda pelo imunizante. Dessa forma, com base em informações da Secretaria de Saúde do Distrito Federal, o Quadro 2 exibe a lista dos 68 pontos de vacinação definidos para administrar doses da vacina contra a Covid-19, em suas respectivas Regiões de Saúde:

Quadro 2 - Pontos de aplicação da vacina por Região de Saúde

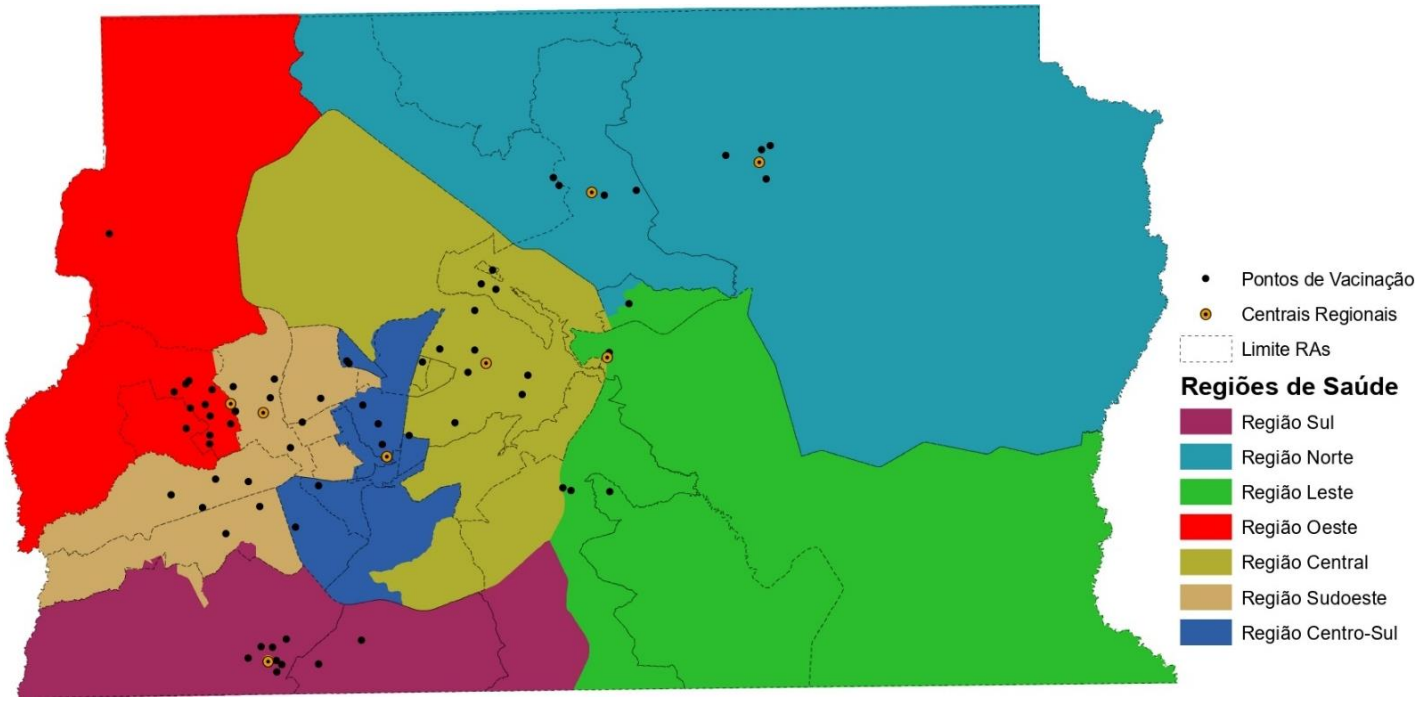
Região de Saúde	Ponto de Aplicação
Região Central	UBS 1 do Lago Norte
	UBS 1 do Varjão
	UBS 1 da Asa Norte
	UBS 2 da Asa Norte
	UBS 1 da Asa Sul
	UBS 1 do Cruzeiro
	Parque da Cidade - Estacionamento 13
	Associação Médica de Brasília (Ambr)
	UBS 3 Vila Planalto Praça dos Cristais
Região Norte	UBS 1 Sobradinho
	UBS 3 Sobradinho
	UBS 1 Sobradinho II
	Regional de Ensino Sobradinho II
	UBS 4 Planaltina
	Centro Olímpico de Planaltina
	UBS 2 Planaltina
	UBS 5 Planaltina

Região Sul	SESI Gama
	UBS 1 Gama
	UBS 2 Gama
	UBS 3 Gama
	UBS 4 Gama
	UBS 5 Gama
	UBS 6 Gama
	UBS 1 Santa Maria
	UBS 2 Santa Maria
Região Sudoeste	UNIEURO
	UBS 1 Taguatinga
	UBS 2 Taguatinga
	UBS 5 Taguatinga
	UBS 7 Taguatinga
	UBS 8 Taguatinga
	UBS 2 Samambaia
	UBS 5 Samambaia
	UBS 7 Samambaia
	UBS 11 Samambaia
	UBS 3 Recanto das Emas
	UBS 4 Recanto das Emas
	UBS 8 Recanto das Emas
	UBS 1 Vicente Pires
Região Centro-Sul	UBS 1 do Guará
	UBS 2 do Guará
	UBS 3 do Guará
	UBS 1 da Estrutural
	UBS 2 da Estrutural
	UBS 1 da Candangolândia
	UBS 1 do Núcleo Bandeirante
	UBS 1 do Riacho Fundo I
	UBS 1 do Riacho Fundo II
Região Leste	UBS 1 do Jardins Mangueiral
	Praça dos Direitos - Itapoã
	Ginásio Poliesportivo São Bartolomeu (São Sebastião)
	Quadra do Paranoá (ao lado da adm. Regional)
	Shopping Iguatemi
	Centro de Práticas Sustentáveis do Jardim Botânico
Região Oeste	UBS 1 de Ceilândia
	UBS 3 de Ceilândia
	UBS 5 de Ceilândia
	UBS 6 de Ceilândia
	UBS 7 de Ceilândia
	UBS 10 de Ceilândia
	UBS 11 de Ceilândia
	UBS 12 de Ceilândia
	UBS 16 de Ceilândia

	UBS 17 de Ceilândia
	Praça dos Direitos (Ceilândia)
	UBS 1 de Brazlândia

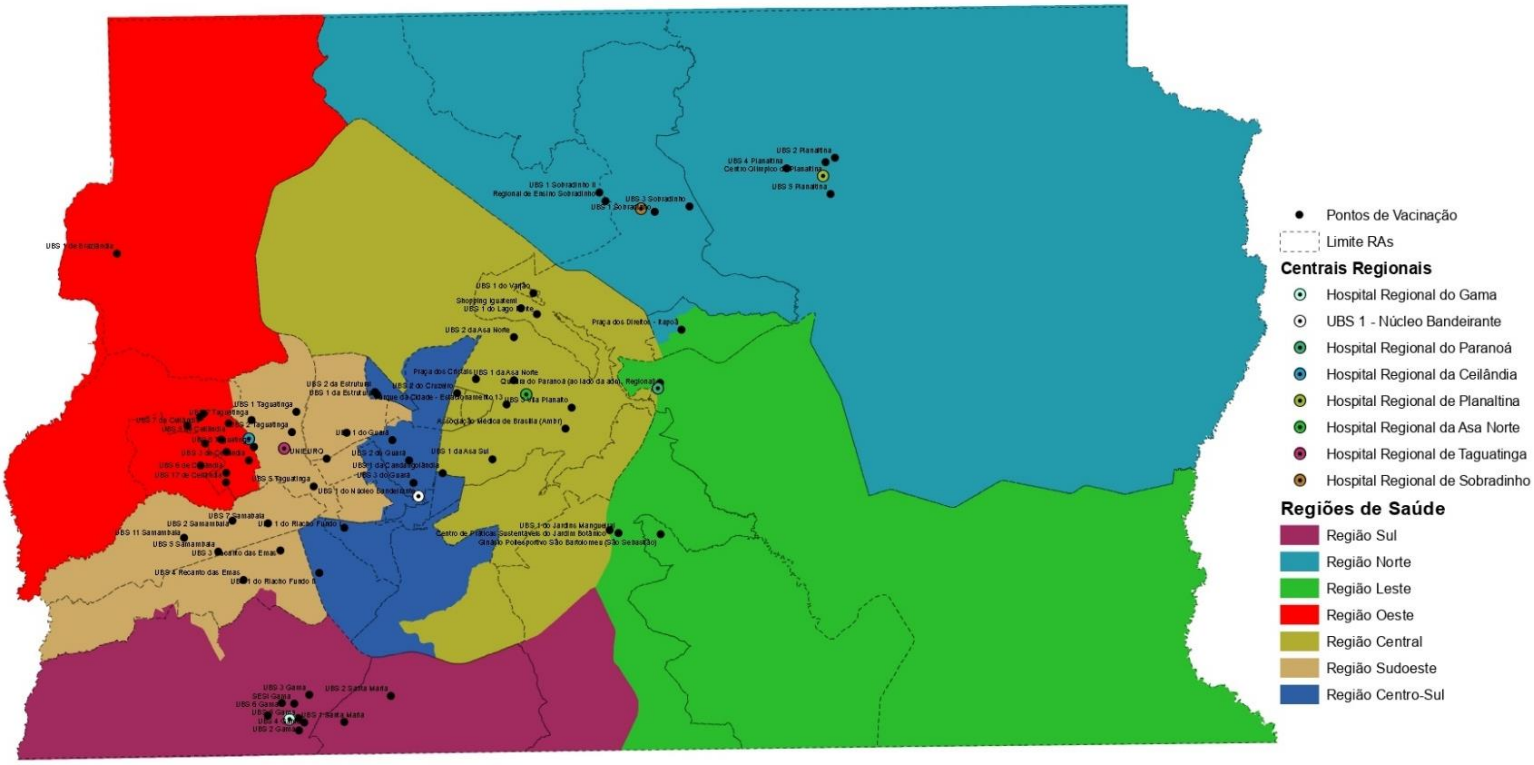
Diante do exposto, com o objetivo de possibilitar a visualização espacial dos pontos de vacinação distribuídos em suas respectivas Regiões de Saúde e Regiões Administrativas, foram desenvolvidos dois mapas, a partir da ferramenta gratuita do Sistema de Informação Geográfica, o QGIS. O primeiro mapa permite a observação da disposição dos pontos pelo território, já o segundo, possibilita identificar quais são os pontos de vacinação disponíveis em cada Região de Saúde. O resultado é obtido é exibido nas Figuras 7 e 8:

Figura 7 – Disposição dos pontos de vacinação nas Regiões de Saúde



Fonte: Autor (2021)

Figura 8 - Localização espacial dos pontos de vacinação no Distrito Federal

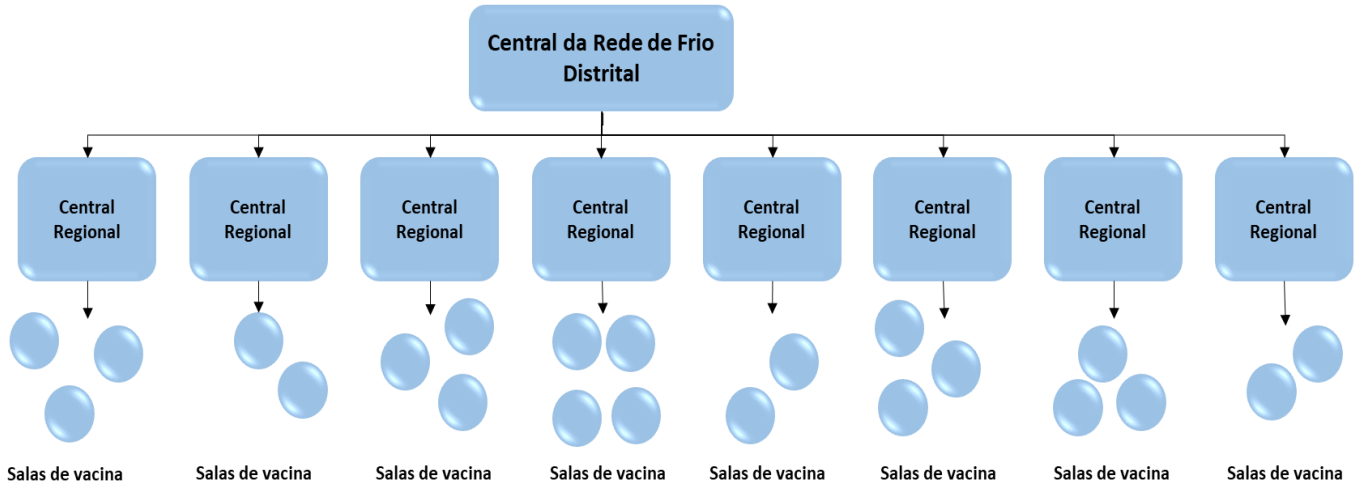


Fonte: Autor (2021)

Para que as vacinas possam alcançar as unidades exibidas no mapa, uma série de etapas são desempenhadas até sua chegada às salas de vacinação. Dessa maneira, os imunizantes são inicialmente recebidos no Aeroporto Internacional de Brasília e, então, encaminhados e armazenados na Central da Rede de Frio Distrital, localizada no SIA. Posteriormente, as vacinas são transportadas para as oito Redes de Frio Regionais, localizadas nas sete regiões de saúde. Por fim, são destinadas às suas respectivas salas de vacinação.

O caminho que os imunizantes percorrem desde sua chegada ao Distrito Federal até as salas de vacinação é ilustrado na Figura 9:

Figura 9 - Processo de distribuição dos imunobiológicos na Rede de Frio do Distrito Federal



Fonte: Autor (2021)

3.2 ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DIÁRIA DE ATENDIMENTO NOS PONTOS DE VACINAÇÃO

Com o intuito de estimar a capacidade de administração de doses nos pontos de vacinação, foi realizado um levantamento do histórico de aplicações no Distrito Federal. Assim, a campanha de distribuição dos imunizantes contra a Covid-19, que teve como grupo inicial os trabalhadores da saúde, no dia 19 de janeiro de 2021, obteve um aumento progressivo no número de doses aplicadas ao longo dos meses (SES-DF, 2021). O levantamento dos dados foi realizado a partir da plataforma Localiza SUS - Dados e informações sobre a Campanha Nacional de Vacinação contra a Covid-19.

A plataforma disponibiliza informações acerca da vacinação da Covid-19 em todo o território nacional. Além disso, é possível realizar buscas de forma a se obter dados específicos de cada estado brasileiro. Dessa maneira, foi realizada uma busca das doses aplicadas durante o período de 19 de janeiro de 2021, início da vacinação no Distrito Federal, até o dia 31 de agosto de 2021. A Tabela 1 exibe os valores médios de doses aplicadas durante esse período com os respectivos percentuais de variação em relação ao mês anterior:

Tabela 1 - Número médio de doses aplicadas ao longo dos meses e variação percentual em relação ao mês anterior

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
Número médio de doses aplicadas/dia	3.100	4.305	6.710	10.292	8.124	12.084	16.757	28.852
Variação percentual em relação ao mês anterior	-	38,9%	55,9%	53,4%	-21,1%	48,7%	38,7%	72,2%

Fonte: Adaptado de SUS (2021)

Conforme ilustrado pela Tabela 1, houve um aumento no número médio de doses diárias aplicadas ao longo dos meses. Portanto, considerando que, no período analisado, houve margem para o incremento no número de imunizantes administrados diariamente, observa-se que a capacidade de vacinação dos pontos de imunização estava, possivelmente, sendo subaproveitada devido à insuficiência de imunizantes distribuídos no início da campanha de vacinação.

Diante desse contexto, o presente estudo considera a capacidade diária de imunização total do Distrito Federal como sendo o valor médio máximo de doses aplicadas alcançado entre os meses analisados. Sendo assim, o mês de agosto, no qual o valor médio diário de doses aplicadas em todo o Distrito Federal corresponde à 28.852 doses, foi tomado como base.

Portanto, levando-se em consideração que há 68 pontos mapeados aptos a realizar a vacinação, e um cenário, para esse estudo, em que a demanda é homogênea entre todos os pontos considerados, realizou-se um cálculo para estimar a capacidade diária de aplicação de doses em cada ponto. Para o cálculo (02), considera-se como demanda ($\boldsymbol{Dmáx}$) o valor recorde mensal de vacinas aplicadas no Distrito Federal do mês de agosto e o número total de pontos de vacinação disponíveis ($\boldsymbol{Pvac}$).

$$\boldsymbol{Capacidade\ diária\ por\ unidade} = \frac{\boldsymbol{Dmáx}}{\boldsymbol{Pvac}} \qquad (02)$$

Desse modo, a partir do cálculo realizado, obteve-se como resultado que cada ponto de vacinação do Distrito Federal possui capacidade de administrar cerca de 425 doses à população diariamente.

Nesse aspecto, vale destacar que o resultado obtido pode ser considerado baixo, uma vez que, no dia 12 de agosto de 2021, o Distrito Federal registrou um recorde de 100.225 vacinas aplicadas em um dia, o que representaria cerca de 1.470 doses por ponto de atendimento. O número obtido evidencia o fato de que, possivelmente, havendo disponibilidade de vacinas, a capacidade diária seria mais elevada. Outro ponto importante a ser observado é que, durante os finais de semana e feriados, há um menor número de pontos de vacinação em funcionamento e a demanda tende a ser menor, o que afeta a média mensal.

3.3 VARIÁVEIS PARA PROPOSIÇÃO DO PLANO DE DISTRIBUIÇÃO

A presente sessão enumera algumas variáveis importantes a serem consideradas para a proposição de um formato de distribuição para os imunizantes da Covid-19. Entre as variáveis observadas estão o tamanho e a distribuição da população apta a se vacinar no Distrito Federal, a estimativa da capacidade de armazenamento de vacinas nas centrais regionais da Rede de Frio e o levantamento da quantidade de doses necessárias para imunização completa da população considerada no estudo.

3.3.1 A POPULAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL ESTRATIFICADA E O DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE DOSES DE IMUNIZANTES

Com o objetivo de identificar a população do Distrito Federal, considerando sua dimensão e disposição dentro do território, foram levantados dados estratificados dos habitantes com idade a partir de 18 anos, grupo considerado apto a receber doses do imunizante contra a Covid-19, segundo o Ministério da Saúde.

Vale destacar que, durante o período de realização do estudo, a vacinação para adolescentes entre 12 e 17 anos foi autorizada pelo Ministério da Saúde. Contudo, as análises desenvolvidas se limitaram aos habitantes a partir de 18 anos de idade.

Sendo assim, uma vez que o Distrito Federal tem a delimitação de seu território em Regiões de Saúde, foi utilizada a segmentação da população com base em seus totais, agrupados em suas respectivas áreas de saúde.

Para tanto, o levantamento foi realizado por meio de informações da Secretaria de Saúde do Distrito Federal, a partir de dados de projeção da população 2020 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e cálculos da distribuição por Região Administrativa da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN). A Tabela 2 apresenta a projeção da população por meio desse formato:

Tabela 2 - Estratificação da população do DF por Região de Saúde e por idade

Grupo de idade	Central	Centro-Sul	Leste	Norte	Oeste	Sudoeste	Sul	Total
19 a 18 anos	10.781	10.451	8.606	9.744	13.940	22.773	7.493	83.788
24 a 20 anos	22.851	32.580	31.123	30.576	45.023	66.233	24.480	252.866
29 a 25 anos	25.576	35.074	28.047	28.834	42.237	70.166	24.082	254.016
34 a 30 anos	31.977	38.854	27.014	28.571	40.799	75.935	23.734	266.884
39 a 35 anos	39.138	38.383	27.641	28.800	44.225	78.156	23.480	279.823
44 a 40 anos	37.603	32.146	25.883	27.417	43.894	70.923	21.210	259.076
49 a 45 anos	32.010	23.969	21.264	25.161	36.699	56.770	18.827	214.700
54 a 50 anos	28.660	21.186	16.907	22.808	29.148	49.702	17.353	185.764
59 a 55 anos	26.230	18.281	12.425	18.614	20.677	41.526	14.269	152.022
64 a 60 anos	21.599	13.634	8.502	14.175	16.398	31.634	10.389	116.331
69 a 65 anos	17.660	10.627	5.430	9.604	13.724	23.360	7.353	87.758
74 a 70 anos	13.201	7.581	3.552	6.414	10.299	14.942	5.193	61.182
79 a 75 anos	8.770	4.813	1.954	4.299	6.428	8.769	3.562	38.595
80 a + anos	11.330	5.041	1.508	4.436	6.809	9.167	4.064	42.355
Total	327.386	292.620	219.856	259.453	370.300	620.056	205.489	**2.295.160**

Fonte: Adaptado de CODEPLAN (2020)

Além disso, com base nos dados populacionais, é possível estimar também o número de doses de vacinas que será necessário para a imunização completa da população a ser vacinada.

Para isso, foram levados em consideração os imunizantes contra a Covid-19 disponíveis no Brasil e no Distrito Federal: Fiocruz/Astrazeneca, Butantan/Sinovac, Pfizer/Biontech e Janssen.

Dessa forma, os fabricantes estabelecem especificações para que a ação imunizante atenda à eficácia prevista em bula. Assim, o fabricante Butatan/Sinovac indica que sejam administradas duas doses em um intervalo de duas a quatro semanas. Por sua vez, a Fiocruz/Astrazeneca orienta a aplicação de duas doses em um intervalo de quatro a doze semanas. Já a Pfizer/Biontech também instrui a aplicação de duas doses, mas em um período de pelo menos três semanas. A Janssen, por fim, possui dose única.

Nesse contexto, os imunizantes possuem a distribuição percentual em relação ao número total de doses recebidas no Distrito Federal, conforme é exibido no Tabela 3:

Tabela 3 - Distribuição do total de doses recebidas no Distrito Federal por fabricante

Fabricante do imunizante	% do total distribuído
Pfizer	36,10%
Astrazeneca	33,15%
Coronavac	29,22%
Janssen	1,53%

Fonte: Adaptado de Secretaria de Saúde do Distrito Federal (2021)

Dessa maneira, de acordo com os dados apresentados, as vacinas dos fabricantes Pfizer, Astrazenca e Coronavac representam a grande maioria das doses aplicadas na população do Distrito Federal. Portanto, para este estudo, serão considerados os imunizantes desses fabricantes, cujas especificações determinam a aplicação de duas doses. Por fim, considera-se o intervalo de quatro semanas como o período comum a todos os imunizantes em questão.

Sendo assim, a quantidade de doses necessárias para a vacinação da população elegível pode ser estimada pelo número projetado de habitantes do Distrito Federal acima de 18 anos, multiplicado pelas duas doses de vacina necessárias para a imunização completa de um indivíduo. Desse modo, estima-se a necessidade de, no mínimo, 4.590.320 doses de imunizantes contra a Covid-19.

3.3.2 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DAS CENTRAIS REGIONAIS

Como exposto, antes que os imunizantes alcancem o usuário final, primeiramente, ao chegar no Distrito Federal, eles devem passar pela Central da Rede de Frio Distrital e então seguir para a distribuição entre as centrais reginais, que são responsáveis por disponibilizá-los aos pontos de vacinação.

Por essa razão, prezar pela manutenção de estoques de vacinas nas centrais regionais é um fator de extrema importância para a constância na disponibilidade dos imunizantes.

Segundo o Plano Operacional de Vacinação contra a Covid-19 da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (2021), as centrais regionais da Rede de Frio Regionais possuem equipamentos que possibilitam o acondicionamento dos imunobiológicos nos padrões adequados. Nesse contexto, levando-se em consideração a totalidade dos dispositivos presentes nas oito centrais regionais, foram identificadas 40 câmaras de vacina com capacidade de 420 litros e 16 freezers de 520 litros.

Dessa forma, com esses equipamentos, a capacidade de armazenamento das Centrais da Rede de Frio Regionais é de cerca de 400.000 doses de imunobiológicos/mês, podendo chegar a 600.000 doses em períodos de campanha (SES-DF, 2021).

Portanto, considera-se, para o estudo, que a capacidade de armazenamento das centrais é dividida de forma homogênea entre as oito unidades. Sendo assim, para o cálculo, tem-se que a capacidade máxima de guarda por mês de imunobiológicos em cada Central Regional ($CCregional$), é obtida pela divisão da capacidade total de armazenamento levantada ($Ctotal$) pelo total de centrais distribuídas no território do Distrito Federal (03). Contudo, uma vez que as Centrais Regionais são o espaço de armazenagem para imunobiológicos em geral, ou seja,

vacinas, soros e imunoglobulinas, considera-se que 80% da capacidade total seja exclusiva para a guarda de vacinas.

$$CCregional = (Ctotal/8) \times 0{,}8$$
$$CCregional = (600.000/8) \times 0{,}8 \quad (03)$$
$$\boldsymbol{CCregional = 60.000}$$

Desse modo, a partir do cálculo realizado, obteve-se como resultado que cada uma das oito Centrais de Frio Regionais pode armazenar até 60.000 doses de vacinas por mês durante os períodos de campanha.

3.3.3 FREQUÊNCIA DE RESSUPRIMENTO DAS CENTRAIS REGIONAIS

Após especificada a quantidade de doses de imunizantes necessárias para a vacinação completa da população acima de 18 anos, e a capacidade de armazenamento das Centrais de Frio Regionais, estimou-se a frequência com a qual as centrais devem ser reabastecidas com as vacinas contra a Covid-19. A Tabela 4 exibe a estimativa da capacidade diária e mensal de vacinação de cada Região de Saúde, a partir dos pontos de vacinação levantados no estudo. Além disso, foi considerado que há a aplicação de imunizantes durante 20 dias do mês.

Tabela 4 - Capacidade diária de vacinação por Região de Saúde

	Central	Centro-Sul	Leste	Norte	Oeste	Sudoeste	Sul
Número de pontos de vacinação	10	9	6	8	12	14	9
Capacidade diária por ponto de vacinação	425	425	425	425	425	425	425
Capacidade diária total na Região de Saúde	**4.250**	**3.825**	**2.550**	**3.400**	**5.100**	**5.950**	**3.825**
Capacidade mensal na Região de Saúde	**85.000**	**76.500**	**51.000**	**68.000**	**102.000**	**119.000**	**76.500**

Fonte: Autor (2021)

Em seguida, calculou-se o número de reabastecimentos mínimos necessários para suprir a vacinação mensal (04), atendendo também ao limite máximo de armazenamento das Centrais Regionais. Para tanto, ressalta-se que, uma vez que existem duas centrais na Região Norte, a capacidade de armazenamento é o dobro das demais. Para se determinar a frequência de reabastecimentos ao mês (Nr), dividiu-se a capacidade mensal de aplicação de vacinas $(Capl)$ na Região de Saúde pela respectiva capacidade de armazenamento $(CCregionalm)$.

$$Nr = \frac{Capl}{CCregionalm} \tag{04}$$

A Tabela 5 apresenta o resultado obtido:

Tabela 5 - Reabastecimento das Centrais Regionais ao mês

	Central	Centro-Sul	Leste	Norte	Oeste	Sudoeste	Sul
Capacidade de vacinação mensal na Região de Saúde	85.000	76.500	51.000	68.000	102.000	119.000	76.500
Capacidade de armazenamento mensal na Central Regional	60.000	60.000	60.000	120.000	60.000	60.000	60.000
Número de reabastecimentos ao mês	2	2	1	1	2	2	2

Fonte: Autor (2021)

É importante destacar que, a partir dos resultados obtidos, percebe-se que a capacidade de armazenamento poderia ser mais bem adequada à respectiva demanda na Região de Saúde. A capacidade de guarda da Região Norte e da Região Leste, é consideravelmente superior à demanda. Por outro lado, a Região Oeste e Sudoeste, por exemplo, possuem a capacidade de vacinação mensal elevada, tendo em vista a capacidade de armazenamento nas regiões.

Além disso, a partir da Tabela 5 é possível concluir que todas as Regiões de Saúde, exceto a Região Norte e a Região Leste, deverão ser reabastecidas duas vezes ao mês, determinando-se uma frequência quinzenal. Por outro lado, a Região Norte e a Região Leste terão seus abastecimentos realizados mensalmente, ou seja, a cada 30 dias.

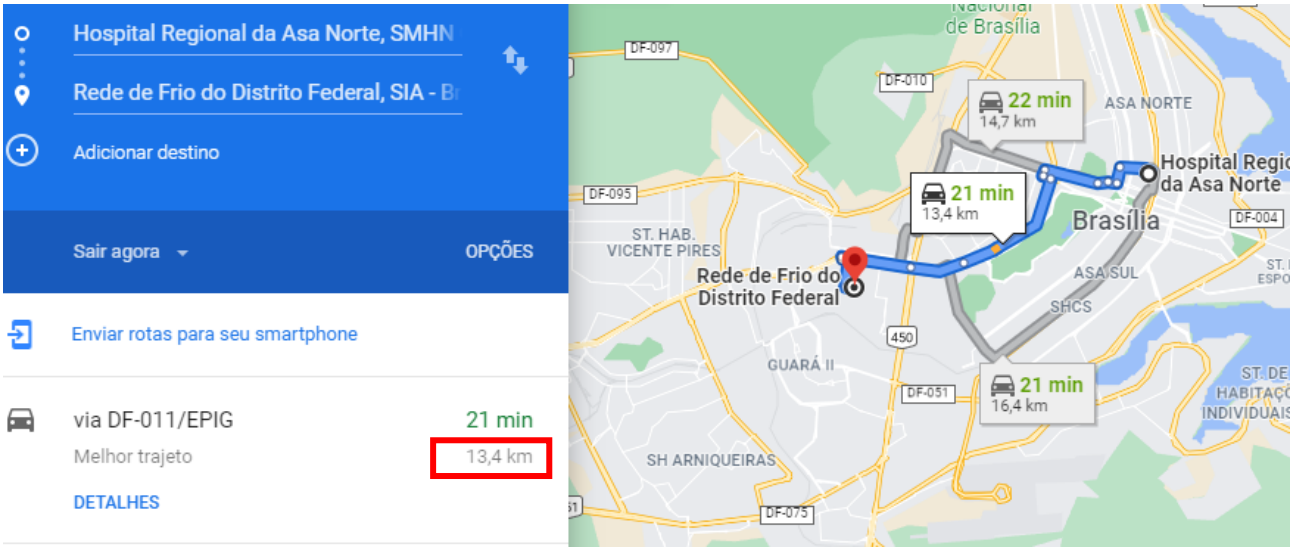
4 PLANO LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO

O presente capítulo desenvolve o estudo do processo de distribuição das vacinas contra a Covid-19 para o Distrito Federal. Para tanto, são utilizadas as variáveis estudadas nos capítulos anteriores para proposição de um modelo de roteirização de distribuição dos imunizantes da Central da Rede de Frio Distrital até as Centrais de Frio Regionais, onde são então encaminhados para os pontos de vacinação de cada Região de Saúde, considerando a população a ser vacinada, o tempo de ressuprimento e a capacidade de vacinação observada por unidade.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO ROTEIRO

O roteiro de distribuição das vacinas da Covid-19 foi desenvolvido a partir da aplicação do modelo de Clarke e Wright (1964). Sendo assim, a primeira etapa do método consiste em determinar as distâncias entre os pontos de demanda da rede logística a ser estudada. Dessa forma, para determinar as distâncias entre esses importantes nós da cadeia logística de distribuição das vacinas contra a Covid-19, foi realizado o levantamento das distâncias a partir da ferramenta do *Google Maps*. A Figura 10 exemplifica essa etapa.

Figura 10 - Levantamento de distância entre os pontos



Fonte: Google Maps (2021)

Em seguida, os resultados foram compilados e, para visualização, foi desenvolvida a Tabela 6, que exibe a matriz de distâncias, em quilômetros, entre a Central Distrital da Rede de Frio e as demais Redes de Frio regionais:

Tabela 6 - Matriz de distâncias entre as Centrais da Rede de Frio

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
0	0	13,4	19,8	33	32,6	49	31,4	14,7	11,5
1	13,4	0	29	36,9	23,1	42,2	25,8	25,8	16,4
2	19,8	29	0	30,3	44,1	60,7	42,1	5	21,4
3	33	36,9	30,3	0	50,5	74,3	55,7	29,1	24
4	32,6	23,1	44,1	50,5	0	30,7	22,2	44,5	32
5	49	42,2	60,7	74,3	30,7	0	21,1	60,1	54,4
6	31,4	25,8	42,1	55,7	22,2	21,1	0	42,6	36,8
7	14,7	25,8	5	29,1	44,5	60,1	42,6	0	16,3
8	11,5	16,4	21,4	24	32	54,4	36,8	16,3	0

Fonte: Autor (2021)

Os pontos, representados por números, correspondem aos seguintes nós da rede:

- 1: Rede de Frio do Distrito Federal
- 2: Hospital Regional da Asa Norte
- 3: Hospital Regional da Ceilândia
- 4: Hospital Regional do Gama
- 5: Hospital Regional do Paranoá
- 6: Hospital Regional de Planaltina
- 7: Hospital Regional de Sobradinho
- 8: Hospital Regional de Taguatinga
- 9: UBS 1 – Núcleo Bandeirante

Seguindo o método de Clarke e Wright, são calculadas as economias de distâncias obtidas pela equação (05). Nela, $ci0$ representa a distância de um nó até o ponto de início da rota, neste caso, a Central da Rede de Frio Distrital, $cj0$ a distância de outro nó em relação à mesma central, e cij a distância entre os dois nós em questão:

$$Sij = ci0 + cj0 - cij, para\ i, j = 1, \dots, 8\ e\ i \neq j. \quad (05)$$

A tabela 7 demonstra o resultado obtido a partir do cálculo de economia de distâncias:

Tabela 7 - Matriz de economias de distâncias

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	0	4,2	9,5	22,9	20,2	19	2,3	8,5
2		0	22,5	8,3	8,1	9,1	29,5	9,9
3			0	15,1	7,7	8,7	18,6	7,3
4				0	50,9	41,8	2,8	12,1
5					0	59,3	3,6	6,1
6						0	3,5	6,1
7							0	9,9
8								0

Fonte: Autor (2021)

A partir dos resultados, as economias calculadas são então ordenadas de forma decrescente, conforme a Tabela 8:

Tabela 8 - Ordenamento dos ganhos de distância

Sij	**Economia de distância**
S56	59,3
S45	50,9
S46	41,8
S27	29,5
S14	22,9
S23	22,5
S15	20,2
S16	19
S37	18,6
S34	15,1
S48	12,1
S28	9,9
S78	9,9
S13	9,5
S26	9,1
S36	8,7
S18	8,5
S24	8,3
S25	8,1
S35	7,7

S38	7,3
S58	6,1
S68	6,1
S12	4,2
S57	3,6
S67	3,5
S47	2,8
S17	2,3

Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, os maiores ganhos devem ser priorizados para iniciar a rota. Sendo assim, o percurso que inicialmente é composto apenas pelo centro de distribuição e um único ponto ganha novos pares seguindo os maiores ganhos, repetindo-se o padrão sucessivamente. Os pares são incluídos pelas extremidades, e o padrão é repetido até que não exista mais nenhuma opção possível (LAPORTE, 2000).

Contudo, o modelo em questão possui duas restrições na adequação à realidade proposta. A primeira diz respeito à capacidade máxima de carga do veículo selecionado, e a segunda, ao tempo máximo da rota proposta. Para o modo de transporte, foi selecionado um caminhão-baú refrigerado, semelhante ao utilizado na campanha de vacinação contra a Covid-19, para atender à necessidade de conservação da temperatura do imunizante, como ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Caminhão-baú refrigerado da campanha de vacinação

Fonte: SES-DF (2021)

O veículo selecionado possui capacidade de carregamento estimada em 200.000 doses. Sendo assim, determinou-se que o veículo carrega, a cada rota de abastecimento o número de doses necessárias para atender a cada um dos pontos presentes no roteiro ($Capl$), dividido pelo respectivo tempo de ressuprimento definido para a Central Regional (Nr) (03).

(03)

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{Capl}{Nr}$$

$$Sendo\ n\ os\ pontos\ do\ roteiro\ considerado$$

No que diz respeito ao tempo a ser utilizado para completar a rota, fixou-se que o período total máximo não pode ultrapassar 6 horas, o que corresponde à carga horária que um trabalhador geralmente desempenha, excluindo-se o intervalo de almoço ou outras pausas. Além disso, foi delimitado o período de 30 minutos como tempo de descarga das vacinas entre um nó e outro da cadeia. Por fim, considera-se que a velocidade média do veículo é de 60Km/h. O quadro 3 destaca as premissas e restrições consideradas na análise:

Quadro 3 - Restrições para o problema de roteirização

Capacidade máxima do veículo (doses)	**Duração máxima da rota (horas)**	**Velocidade média (Km/h)**	**Tempo de descarga (horas)**
200.000	6	60	0,5

Fonte: Autor (2021)

Após aplicadas as restrições, obteve-se como resultado dois roteiros para o abastecimento das oitos Centrais Regionais da Rede de Frio. As rotas são exibidas nas Tabelas 9 e 10:

- **Roteiro 1: 0-3-1-4-5-6-0**

Tabela 9 - Detalhamento do roteiro 1

Percurso	0-3	3-1	1-4	4,5	5-6	6-0	Totais
Doses necessárias	38.250	42.500	51.000	34.000	34.000	-	199.750
Tempo de descarga	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	2,5
Quilômetros percorridos	33	36,9	23,1	30,7	21,1	31,4	176,2
Tempo de deslocamento	0,55	0,615	0,385	0,5117	0,3517	0,5233	2,94

Fonte: Autor (2021)

O percurso atende às restrições do problema de roteirização uma vez que:

$$\boldsymbol{I}.\, Doses\ necessárias: 199.750\ < 200.000$$

$$\boldsymbol{II}.\, Tempo\ total = Tempo\ de\ descarga + Tempo\ de\ deslocamento$$

$$Tempo\ de\ percurso = 2{,}5 + 2{,}94 = 5{,}45\ horas < 6\ horas$$

- **Roteiro 2: 0-2-7-8-0**

Tabela 10 – Detalhamento do roteiro 2

Percurso	0-2	2-7	7-8	8-0	Totais
Doses necessárias	51.000	59.500	38.250	-	148.750
Tempo de descarga	0,5	0,5	0,5	-	1,5
Quilômetros percorridos	19,8	5	16,3	11,5	52,6
Tempo de percurso	0,55	0,615	0,385	0,5117	2,06

Fonte: Autor (2021)

O Roteiro 2 também atende às restrições do problema:

$$\boldsymbol{I}.\, Doses\ necessárias: 148.750\ < 200.000$$

$$\boldsymbol{II}.\, Tempo\ total = Tempo\ de\ descarga + Tempo\ de\ deslocamento$$

$$Tempo\ de\ percurso = 1{,}5 + 2{,}06 = 3{,}56\ horas < 6\ horas$$

Contudo, tendo em vista que as Centrais Regionais da Região Leste (4) e da Região Norte (5) e (6) terão seus estoques reabastecidos apenas uma vez durante o mês, traçou-se o terceiro e o quarto roteiro, ilustrados nas Tabelas 11 e 12, para os períodos em que esses pontos não precisarão ser contemplados.

- **Roteiro 3: 0-3-2-7-0**

Tabela 11 - Detalhamento do roteiro 3

Percurso	0-3	3-2	2-7	7-0	Totais
Doses necessárias	38.250	51.000	59.500	-	148.750
Tempo de descarga	0,5	0,5	0,5	-	1,5
Quilômetros percorridos	33	30,3	5	14,7	83
Tempo de percurso	0,55	0,51	0,08	0,25	1,38

Fonte: Autor (2021)

O Roteiro 3 garante o cumprimento das restrições:

$$\boldsymbol{I}.\, Doses\ necessárias: 148.750\ < 200.000$$

$$\boldsymbol{II}.\, Tempo\ total = Tempo\ de\ descarga + Tempo\ de\ deslocamento$$

$$Tempo\ de\ percurso = 1{,}50 + 1{,}38 = 2{,}88\ horas < 6\ horas$$

- **Roteiro 4: 0-8-1-0**

Tabela 12 - Detalhamento do roteiro 4

Percurso	0-8	8-1	1-0	Totais
Doses necessárias	38.250	42.500	-	80.750
Tempo de descarga	0,5	0,5	-	1
Quilômetros percorridos	11,5	16,4	13,4	41,3
Tempo de percurso	0,19	0,27	0,22	0,69

Fonte: Autor (2021)

Por fim, o Roteiro 4 também leva em consideração todas as limitações do problema:

$$\boldsymbol{I}.\, Doses\ necessárias: 80.750 < 200.000$$

$$\boldsymbol{II}.\, Tempo\ total = Tempo\ de\ descarga + Tempo\ de\ deslocamento$$

$$Tempo\ de\ percurso = 1{,}0 + 0{,}69 = 1{,}69\ hora < 6\ horas$$

Sendo assim, após delimitados os roteiros para o atendimento das demandas nas Centrais Regionais de vacinação, determinou-se uma programação para a distribuição dos imunizantes entre as Centrais Regionais da Rede de Frio durante o período de um mês, como é exemplificado pelo Quadro 4:

Quadro 4 - Programação da distribuição da vacinação mensal

Semana do mês	Roteiro
1ª semana	Roteiro 1 e 2
2ª semana	-
3ª semana	Roteiro 3 e 4
4ª semana	-

Fonte: Autor (2021)

4.2 NÚMERO DE REABASTECIMENTOS NA CAMPANHA

Diante disso, com o intuito de demonstrar os custos operacionais de transporte envolvidos no plano de distribuição da vacina contra a Covid-19, é importante considerar o período necessário para que a campanha de imunização seja concluída, a fim de que sejam estimados os custos totais a serem desenvolvidos.

Sendo assim, com base na estratificação da população do Distrito Federal e do levantamento do número mínimo de doses necessárias para promover a vacinação completa do grupo elegível, estimou-se também o número total de reabastecimentos a serem realizados às Centrais Regionais da Rede de Frio durante esse período. Para isso, foi planejado um calendário de imunização que pudesse atender à população em cada Região de Saúde, tendo como premissa a capacidade de vacinação estimada no estudo. O Quadro 5 exibe o formato de distribuição da vacinação por idade ao longo dos meses:

Quadro 5 - Programação da distribuição da vacinação mensal

	1	2	3	4	5	6
Grupo etário	1ª dose: 60 - 80+	1ª dose: 59 -55 2ª dose: 60 - 80+	1ª dose: 50 -54 2ª dose: 55 - 59	1ª dose: 45 -49 2ª dose: 50 - 54	1ª dose: 40 - 44 2ª dose: 45 - 49	1ª dose: 35 -39 2ª dose: 40 - 44
	7	8	9	10	11	12
	1ª dose: 30 -34 2ª dose: 35 - 39	1ª dose: 25 -29 2ª dose: 30 - 34	1ª dose: 20 - 24 2ª dose: 25 - 29	1ª dose: 20 -24 1ª dose: 18 -19 2ª dose: 25 - 29	2ª dose: 20-24 2ª dose: 18-19	

Fonte: Autor (2021)

Por essa perspectiva o Quadro 5 evidencia que são necessários, no mínimo, 11 ciclos de reabastecimento da Centrais Regionais para que o plano de distribuição seja concluído com sucesso.

4.3 ESTIMATIVA DOS CUSTOS LOGÍSTICOS DA CAMPANHA

Com o objetivo de aprofundar o estudo para o plano de distribuição, foram estimados os custos logísticos envolvidos na disponibilização das vacinas às Centrais de Distribuição Regionais, pontos da cadeia logística que possibilitam que as vacinas alcancem o usuário final.

Para isso, os custos de transporte foram mensurados levando em consideração a utilização de dois caminhões-baú refrigerados como o modo de transporte para execução da rota. As especificações técnicas do veículo são exibidas no Quadro 6:

Quadro 6 - Especificações técnicas do veículo

Modelo	Volkswagen Delivery 4.150 2.8
Consumo de combustível (Diesel)	5,5 Km/L
Capacidade de Carga	1.475 Kg
Valor do veículo	R$169.881,00

Fonte: Adaptado de FIPE (2021)

Nesse contexto, foram estimados os custos fixos e variáveis que envolvem a distribuição logística dos imunizantes. Para os custos fixos, foram considerados os salários de dois motoristas e dois auxiliares de carga e descarga, os impostos, o seguro do veículo e a depreciação. Por outro lado, para os custos variáveis, foram estimados os gastos com combustível e com manutenções. Por fim, não foram levados em consideração investimentos iniciais para aquisição do caminhão-baú, uma vez que, segundo a Secretaria de Saúde do Distrito Federal, o território já conta com quatro veículos refrigerados como parte de sua frota.

Vale ressaltar que, apesar do Distrito Federal possuir quatro veículos refrigerados em sua operação, para o modelo proposto, há a necessidade de apenas dois caminhões-baú para o cumprimento dos roteiros planejados.

Como parte dos custos fixos, a depreciação é a perda de valor que um bem sofre ao valor ao longo do tempo, devido ao desgaste pelo uso. Existem diferentes formas de se realizar o cálculo da depreciação. Sendo assim, utilizou-se o método de cálculo linear, em que o custo inicial é dividido, subtraindo-se o custo final do bem pelo número de anos de sua duração provável (FREITAS; SILVA; MACHADO, 2007). Para o caso do caminhão-baú, estimando-se um tempo de duração de cinco anos e considerando-se informações de custo do veículo a partir da Tabela FIPE, obteve-se um custo mensal de depreciação de R$2.831,35. A Tabela 13 detalha os custos fixos, em reais, por veículo:

Tabela 13 - Custos fixos mensais de transporte em reais

Motorista (salário e encargos)	3.621,97
Auxiliar de carga e descarga (salário e encargos)	2.667,19
IPVA	212,35
Depreciação	2.831,35
Seguro	521,57
Total	9.854,43

Fonte: Autor (2021)

Com relação aos custos com combustível, as distâncias a serem percorridas foram levantadas a partir dos roteiros especificados pelas Tabelas 9, 10, 11 e 12. Sendo assim, foi possível calcular os custos de transporte associados à realização dos percursos. Para tanto, as distâncias de cada um dos roteiros foram somadas, considerando-se a programação sugerida pelo Quadro 4 e, em seguida, multiplicadas pelo custo do litro do Diesel de R$4,85, que foi o preço médio de revenda do combustível para o período de 19/09/2021 a 25/09/2021, segundo informações da Petrobras. A Tabela 14 exibe o levantamento realizado:

Tabela 14 - Levantamento dos custos com combustível

	Quilômetros percorridos (Km)	**Custo/L (R$)**	**Custo Total (R$)**
1ª Semana	228,8	4,85	1.109,68
2ª Semana	-	-	-

3ª Semana	124,3	4,85	602,86
4ª Semana	-	-	-

Fonte: Autor (2021)

Portanto, com base na Tabela 14, obtêm-se que os custos de combustível resultam em R$ 1.712,54 ao mês para o cumprimento de todos os roteiros.

Para os custos da categoria de manutenções e consertos, o estudo de Freitas et. al (2007) sugere que se pode estimar os gastos com graxas e lubrificantes como sendo 20% do custo total com combustível. Além disso, para os consertos em geral, supõe-se que esse pode ser obtido a partir da divisão do valor de aquisição do veículo pelo produto de sua vida útil e horas efetivas de viagem. Por fim, o cálculo dos custos de pneus pode ser realizado por meio dos custos de substituição do jogo de pneu e as horas de viagem estimadas durante sua vida útil. Sendo assim, a Tabela 15 especifica o valor dos custos variáveis, em reais, da operação por veículo:

Tabela 15 - Custos variáveis mensais de transporte em reais

Graxas e lubrificantes	344,63
Manutenção e consertos	205,92
Custo de pneus	240,50
Combustível	856,27
Total	1.647,32

Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, com base nos dados levantados, foi desenvolvida a Tabela 16 que consolida as informações dos custos operacionais mensais, em reais, associados à disponibilização das vacinas para as Centrais Regionais para cada veículo e, posteriormente, para os dois veículos do estudo, durante os 11 meses de campanha:

Tabela 16 - Consolidação dos custos anuais operacionais de transporte em reais

Motoristas	39.841,67
Auxiliares de carga e descarga	29.339,09
IPVA	2.335,86

Depreciação	31.144,85
Seguro	5.737,30
Total de custos fixos	108.398,77

Graxas e lubrificantes	3.790,93
Manutenção e consertos	2.265,12
Custo de pneus	2.645,50
Combustível	9.418,97
Total de custos variáveis	18.120,52

Total de custos operacionais por veículo	126.519,29

Total de custos operacionais totais	253.038,58

Fonte: Autor (2021)

Por fim, conclui-se que os custos totais operacionais de transporte para o plano logístico proposto com duração de cerca de 11 meses alcançam R$253.038,58.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo da distribuição das vacinas contra a Covid-19 para as unidades de saúde do Distrito Federal. Para tanto, foram levantadas variáveis consideradas importantes para avaliação e proposição de um modelo.

Entre as variáveis observadas que compõem os objetivos específicos do estudo, está a identificação da rede de distribuição logística do Distrito Federal, o que foi feito a partir do mapeamento da estrutura da rede logística e da localização espacial dos pontos de vacinação.

O segundo objetivo, que consiste em caracterizar a rede logística a partir das quantidades e períodos a suprir, foi concretizado mediante o dimensionamento da população a ser vacinada, bem como por meio de estimativas da capacidade de vacinação nas unidades de saúde e da capacidade de armazenamento disponível nas Centrais Regionais.

O terceiro objetivo, no qual se propôs simular uma rede de logística, foi atingido a partir da utilização dos dados mapeados no estudo, desenvolvendo-se um modelo de distribuição associado a um roteiro que atendeu, da forma mais eficiente possível, ao reabastecimento das Centrais Regionais com os imunizantes necessários, concretizando também o quarto objetivo.

Diante de todas as informações apresentadas, foi possível contemplar o quinto objetivo do trabalho, que está relacionado ao levantamento de custos operacionais de transporte envolvidos no processo de distribuição em questão.

Sendo assim, conclui-se que o estudo atingiu o objetivo geral e os objetivos específicos, demonstrando que, a partir do levantamento de dados assertivos, é possível traçar um plano de distribuição logístico que atenda às necessidades da população, considerando a estrutura e capacidade de atendimento do sistema de saúde.

Somado a isso, o plano propôs um modelo em que a imunização completa da população do Distrito Federal é alcançada em um período de 11 meses, resultado considerado satisfatório se comparado à realidade da campanha atual.

Ainda assim, algumas restrições foram identificadas no desenvolvimento do estudo, como é o caso da adoção de um modelo em que tanto a demanda por imunizante quanto a capacidade de aplicação de vacinas por unidade de saúde são

distribuídas de forma homogênea. Nesse caso, havendo dados suficientes, outros tipos de análise de demanda poderiam ser aplicados a fim de se traçar um modelo mais aprofundado.

Outro ponto de destaque em relação ao dimensionamento da demanda por doses do imunizante se dá pelo fato de que, por se tratar de uma campanha nacional de imunização, indivíduos de outros estados ou de outras Regiões de Saúde podem se vacinar em locais diferentes do previsto, afetando o levantamento do número de doses necessárias. Ainda nesse contexto, não foram levadas em consideração perdas de vacinas que podem ocorrer durante o processo, devido a quebras, fim do prazo de validade ou exposição a temperaturas inadequadas.

Além disso, para a proposição do roteiro adotou-se o método de Clarke e Wright, cujo objetivo é reduzir as distâncias percorridas pelos veículos de distribuição. Contudo, como visto, há diversos modelos possíveis de serem aplicados em problemas de distribuição logística, como é o caso dos modelos heurísticos e de análise multicritério em que mais dimensões do problema podem ser consideradas na tomada de decisão. A análise do problema por essa perspectiva é uma sugestão para trabalhos futuros.

Vale destacar também que, apesar de trabalho não contemplar o planejamento de distribuição dos imunizantes para os pontos de aplicação da vacina, o estudo para a distribuição entre a Central Regionais e os pontos de vacinação poderia ser desenvolvido de maneira análoga ao que foi realizado por essa análise. Contudo, tendo em vista que, para grande parte desses pontos, o abastecimento seria diário devido à baixa capacidade de armazenamento nas unidades de saúde, os custos seriam, certamente, mais elevados do que o estimado pelo presente estudo. Sendo assim, essa análise é sugerida para dar continuidade à pesquisa.

Por fim, a pesquisa aborda um problema que ainda está sendo enfrentado atualmente, sendo assim, certos aspectos relacionados à campanha de vacinação sofreram modificações ao longo do período estudado. Entre esses aspectos, pode-se citar a aplicação de imunizantes para a população acima de 12 anos, bem como a dose de reforço para idosos e pessoas com comorbidade.

Diante do exposto, por se tratar de uma temática de relevância social, o estudo pode contribuir para ações da administração pública que envolvam a distribuição de insumos farmacêuticos de alta demanda, ou mesmo para outras campanhas de vacinação que perpassem por diferentes níveis da cadeia logística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ballou, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial** / Ronald H. Ballou ; tradução Raul Rubenich. - 5. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2006.

Brasil. **Lei nº 6360, de 23 de setembro de 1976.** Dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e da outras providencias. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 24.set., pág 012647 Seção1.

Brasil. Ministério da Saúde. Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19, 2021.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de rede de frio / Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em Saúde**. Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 4. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

Chopra, S. (2003). **Designing the distribution network in a supply chain**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 39(2), 123-140.

COSTA, Sérgio Ricardo Argollo da et al. **Cadeia de suprimentos humanitária: uma análise dos processos de atuação em desastres naturais**. Production, v. 25, n. 4, p. 876-893, 2015.

Cucinotta D, Vanelli M. **WHO Declares COVID-19 a Pandemic**. Acta Biomed. 2020 Mar 19;91(1):157-160. doi: 10.23750/abm.v91i1.9397. PMID: 32191675; PMCID: PMC7569573.

DE OLIVEIRA, Patricia Fernandes; PIZZOLATO, Nélio Domingues. **A eficiência da distribuição através da prática do cross docking**. ENEGEP-Encontro Nacional de Engenharia de Produçao, 2002.

DISTRITO FEDERAL. **DECRETO Nº 38.982, DE 10 DE ABRIL DE 2018.** Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/92544ffe2f874e1288cde5c6d195214e/Decreto_38982_10_04_2018.html . Acesso em: 14 de out. de 2021.

FARAHANI, Reza; REZAPOUR, Shabnam**. Logistics operations and management: concepts and models**. Elsevier, 2011.

FREITAS, Luis Carlos de; SILVA, Márcio Lopes da; MACHADO, Carlos Cardoso. Influência do cálculo de depreciação no imposto de renda e no fluxo de caixa de uma atividade de transporte florestal. Revista Árvore, v. 31, p. 257-264, 2007.

FREITAS, Luís Carlos de et al. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. Revista Árvore, v. 28, p. 855-863, 2004.

FIALHO, Regina Célia Nazar; MARTINS, Ricardo S. **Elementos institucionais e desempenho da logística de uma rede pública de assistência farmacêutica.** Revista de Administração Pública, v. 50, n. 5, p. 819-841, 2016.

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. Índices e Indicadores - Tabela FIPE. disponível em:< https://veiculos.fipe.org.br/> . Acesso em: 22 de set. de 2021

GALVÃO, Antônio Novais et al. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. RJ, Elsevier, 2007.

GODINHO, Jucemara Marques; MIRANDA, Luiz Miguel. Aplicação de Método de Análise Multicritério na Escolha de Traçado de Linhas de Ônibus de Transporte Público Utilizando Sistema de Informação Geográfica. E&S Engineering and Science, v. 1, n. 1, p. 89-102, 2014.

IVANOV, Dmitry**. Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 136, p. 101922, 2020.

JUVELLA, Solange Benites; VANALLE, Rosangela**. Merge In Transit-Uma Nova Ferramenta Logística**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXII, 2002.

LAPORTE, Gilbert et al. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. International transactions in operational research, v. 7, n. 4-5, p. 285-300, 2000.

LIN, Qi; ZHAO, Qiuhong; LEV, Benjamin. **Cold chain transportation decision in the vaccine supply chain**. European Journal of Operational Research, v. 283, n. 1, p. 182-195, 2020.

Manual de Rede de Frio / elaboração de Cristina Maria Vieira da Rocha et al. - 3. ed. - Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde; 2001. 80p. il.

Ministério da Saúde. **Assistência Farmacêutica no SUS: 20 anos de políticas e propostas para desenvolvimento e qualificação: relatório com análise e recomendações de gestores, especialistas e representantes da sociedade civil organizada**. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018. 125 p.: il.

Ministério da Saúde. **Dados e informações sobre a Campanha Nacional de Vacinação contra a Covid-19 – 2021.** Disponível em:< https://localizasus.saude.gov.br/> Acesso em: 15 de ago. de 2021.

NETTO, Gizelle Coelho. **Contribuição para melhorar o gerenciamento logístico da cadeia de frio de imunobiológicos no programa de imunização do Brasil**. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

Nogueira, C., Gonçalves, M., & Novaes, A. (2008). **Logística humanitária e logística empresarial: relações, conceitos e desafios**. In Anais do 21° Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro.

NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PETROBRAS. Preços de Venda de Combustíveis, 2021. Disponível em: https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/precos-de-venda-de-combustiveis/ Acesso em: 27 de set. de 2021.

PONTOS DE VACINAÇÃO. Secretaria de Saúde do Distrito Federa, Brasília, 2 de mai. de 2021. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/locaisdevacinacao/> Acesso em: 3 de mai. de 2021

QUAGLIATO, Giuliano Batagin et al. **Estudo de caso brasileiro sobre redes de distribuição**. 2009.

REIS, Adriano Max Moreira; PERINI, Edson. **Desabastecimento de medicamentos: determinantes, conseqüências e gerenciamento**. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 13, supl. p. 603-610, Apr. 2008.

REGIONALIZAÇÃO – O QUE É. Secretaria de Saúde do Distrito Federal, Brasília, 21 de set. de 2017. Disponível em: < https://www.saude.df.gov.br/regionalizacao-o-que-e-2/ >. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

RELATÓRIO DE VACINAÇÃO COVID-19. Secretaria de Saúde do Distrito Federal, 2021. Disponível em: https://info.saude.df.gov.br/relatorio-de-vacinacao-covid-19/. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

RIBEIRO, José Francisco Ferreira; GALLI, Pedro Roberto. **LOGÍSTICA PARA ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO: UM ESTUDO DE CASO**. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 9, n. 15, p. 174-186, 2021.

SHAPIRO, Jeremy F. **Challenges of strategic supply chain planning and modeling. Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 6-7, p. 855-861, 2004.

Secretaria de Saúde do Distrito Federal. **Plano Operacional de Vacinação Contra Covid-19**, 2021. Disponível em: https://www.saude.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2020/02/Plano-de-Operacionalizacao-da-Vacinacao-COVID-19-no-DF-1.pdf Acesso em: 29 de ago. de 2021.

Secretaria de Saúde do Distrito Federal. **Projeção da população do DF e por Região Administrativa**, 2020. Disponível em: https://info.saude.df.gov.br/area-tecnica/populacao/. Acesso em: 9 de set. de 2021.

SHEREEN, Muhammad Adnan et al. **COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses**. Journal of advanced research, v. 24, p. 91-98, 2020.

SILVA, M.N., and FLAUZINO, R.F., eds. **Rede de frio: gestão, especificidades e atividades** [online]. Rio de Janeiro: CDEAD/ENSP/EPSJV/Editora FIOCRUZ, 2017, 348 p. ISBN: 978-65-5708-096-2.

SUPERINTENDÊNCIAS. Secretaria de Saúde do Distrito Federal, Brasília, 11 de dez. de 2020. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/superintendencias/ >. Acesso em: 25 de abr. de 2021.

Supply Chain Management Definitions and Glossary. Council of Supply Chain Management Professionals, 2013. Disponível em: <https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx#:~:text=Logistics%20management%20is%20that%20part,order%20to%20meet%20customers'%20requirements>. Acesso em: 1 de abril de 2021.

TAVARES, Marcelo Coutinho; RIBEIRO, Glaydston Mattos. **ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À TOMADA DE DECISÃO DA DISTRIBUIÇÃO FÍSICA DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS TERMOSENSÍVEIS,** 2014

THOMAS, Anisya S.; KOPCZAK, Laura Rock. **From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector**. Fritz Institute, v. 15, n. 1, p. 1-15, 2005.

VACINAÇÃO. Secretaria de Saúde do Distrito Federal, Brasília, 7 de abr. de 2021. Disponível em: <http://www.saude.df.gov.br/vacina/>. Acesso em: 25 de abr. de 2021.

VACCINES and Imunnization. World Health Organization (OMS). Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/vaccines-and-immunization#tab=tab_1>. Acesso em: 3 de mar. de 2021.

VOCÊ SABE COMO FUNCIONA A REDE DE FRIO?. Secretária de Saúde do Distrito Federal, Brasília, 7 de jul. de 2021. Disponível em: < https://www.saude.df.gov.br/voce-sabe-como-funciona-a-rede-de-frio/ >. Acesso em: 15 de ago. de 2021.

WIRTZ, A.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Working paper disaster category classification and peril terminology for operational purposes**. Context,(October), p. 1-20, 2009. Ertem, M.A., Buyurgan, N. and Rossetti, M.D. (2010), "Multiple-buyer procurement auctions framework for humanitarian supply chain management", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 40 No. 3, pp. 202-227.

Wu, L., & Cunha, C. B. da. (2008). O problema da roteirização periódica de veículos. TRANSPORTES, 16(1). https://doi.org/10.14295/transportes.v16i1.8