

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

GUILHERME KITSANDONIS

**DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE UM CENTRO DE
DISTRIBUIÇÃO NO NOROESTE PAULISTA**

Ilha Solteira
2021

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME KITSANDONIS

**DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE UM CENTRO DE
DISTRIBUIÇÃO NO NOROESTE PAULISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador:

Prof^a. Dr^a. Luzenira Alves Brasileiro

Ilha Solteira
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

K62d Kitsandonis, Guilherme.
Determinação da localização ideal de um centro de distribuição no Noroeste Paulista / Guilherme Kitsandonis. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
36 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Luzenira Alves Brasileiro
Inclui bibliografia

1. Centro de distribuição. 2. Logística. 3. Noroeste Paulista.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos

Aluno: GUILHERME KITSANDONIS

Título: DETERMINAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO IDEAL DE UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NO NOROESTE PAULISTA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Profª. Drª. Luzenira Alves Brasileiro
UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientadora)



Prof. Dra. Liliane Lazzari Albertin
UNESP – Campus de Ilha Solteira



MsC. Sherington Augusto Milani Bigotto
UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

02/12/2021

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Izabel e Alexis, pilares da minha formação como ser humano, meu tio Spyros (in memoriam), que sempre esteve ao meu lado, à toda minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional durante toda minha trajetória acadêmica e na vida.

À Universidade Unesp, seu corpo docente, direção e administração que me deram a oportunidade de realizar o curso de graduação em Engenharia Civil.

Em especial minha orientadora Prof^a. Dr^a. Luzenira Alves Brasileiro, pelo suporte durante todo o processo desse trabalho, pelas suas correções, incentivos, paciência, apoio, confiança e amizade.

À minha namorada e companheira de vida, Mariana Ferreira Trevisan, por todo incentivo e apoio incondicional.

Agradeço a todos os meus amigos de graduação pela amizade, companheirismo, apoio e troca de experiências durante essa caminhada.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Os centros de distribuição (CD) são essenciais no processo logístico das grandes empresas varejistas. Não só importantes pela agilidade e economia, os CDs contribuem para resolver gargalos logísticos, principalmente de tempo de entrega e custos de armazenamento, diferencial em suas operações, aumentando a competitividade. O presente trabalho aborda a definição da localização ideal de um centro de distribuição no noroeste paulista, permitindo uma melhor estratégia de utilização de investimento de gestores das empresas da região. Foram utilizados métodos matemáticos adaptados de Ballou (2005) e Pinto (2016), com o auxílio de dados de órgãos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, como a sua população e o produto interno bruto (PIB). Além disso, por meio de uma análise da pesquisa realizada na plataforma *Google Forms*, foi possível definir os perfis dos compradores de e-commerce, destacando quais fatores são determinantes na hora de definir a loja escolhida online e a frequência de compras. Foi estabelecido, pelo método de Centro de Gravidade Exato, que a cidade de Bálamo seria a localização ideal de um centro de distribuição no noroeste paulista e que os fatores tempo de entrega e valor de frete são os que mais influenciam os clientes na sua decisão final.

Palavras-chave: Centro de distribuição; Logística; Noroeste Paulista.

ABSTRACT

Distribution centers are essential in the logistics process of large retail companies. Not only important for their agility and economy, the DCs contribute to solving logistical bottlenecks, especially in terms of delivery time and storage costs, a differential in their operations, increasing competitiveness. This work addresses the definition of the ideal location of a distribution center in the northwest of the state of São Paulo, allowing a better strategy investment for company managers in the region. Mathematical methods adapted from Ballou (2005) and Pinto (2016) were used, with the aid of data from government agencies such as the Brazilian Institute of Geography and Statistics, such as its population and gross domestic product (GDP). In addition, through an analysis of the research carried out on the Google Forms platform, it was possible to define the profiles of e-commerce buyers, highlighting which factors are decisive when defining the chosen online store and the frequency of purchases. It was established, using the Exact Center of Gravity method, that the city of Balsamo would be the ideal location for a distribution center in the northwest of the state of São Paulo and that the factors of delivery time and freight cost are the factors that most influence customers in their final decision.

Keywords: Distribution center; Logistics; Northwest of the state of São Paulo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO	7
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1	LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS	8
3.2	SERVIÇO AO CLIENTE	9
3.3	CUSTOS LOGÍSTICOS	11
3.3	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO.....	12
3.4	ESTRATÉGIA DE LOCALIZAÇÃO.....	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS	14
4.1	MATERIAIS.....	14
4.2	MÉTODOS.....	14
4.2.1	Definição das cidades de maior relevância	14
4.2.2	Estudo dos modelos logísticos	15
4.2.3	Análise do local definido.....	17
4.2.4	Análise da pesquisa de compras online	17
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1	CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NO NOROESTE PAULISTA	18
5.2	CIDADES DE MAIOR RELEVÂNCIA NO NOROESTE PAULISTA	18
5.2	ESTUDO DOS MODELOS LOGÍSTICOS	20
5.3	ANÁLISE DOS MODELOS LOGÍSTICOS.....	27
5.4	ANÁLISE DA PESQUISA DE COMPRAS NA INTERNET	28
6	CONCLUSÃO	32
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Durante a pandemia da Covid-19, enquanto muitas empresas diminuíram seu ritmo, o setor de logística apresentou grande aumento no número de aluguéis para os Centros de Distribuição (CD), apontou a pesquisa da consultoria imobiliária norte-americana Newmark Knight Frank. Muito disso se deve ao aumento das compras feitas pela internet no período e, por isso, as grandes empresas estão focando seus investimentos em expandir seus armazéns para se tornarem cada vez mais independentes de outros serviços de entrega.

Os Centros de Distribuição são um grande diferencial entre as varejistas que visam aumentar o reconhecimento de suas marcas, os gigantes *Amazon* e Mercado Livre já adotaram essa estratégia há algum tempo e hoje são referência. De acordo com o Instituto de Logística e Supply, os gastos com distribuição nessas empresas representam mais da metade de seu orçamento total com logística, por isso, é necessária uma visão estratégica para definir a localização de um Centro de Distribuição.

Fatores como o tráfego e a proximidade de fornecedores ou rodovias que levem a locais necessários agilizam os processos logísticos, além disso, observar os pontos estruturais e de infraestrutura também podem auxiliar na decisão dos gestores.

Dessa forma, delineou-se o seguinte objetivo da pesquisa: definir a localização ideal de um Centro de Distribuição no Noroeste Paulista.

Nesse contexto, a proposta deste trabalho visa apresentar os conceitos, definições e ferramentas necessárias às decisões de definição da localização ideal de centros de distribuição, baseando-se em princípios e métodos apresentados por Ballou (2005) e Pinto (2016) voltados a modelos matemáticos de logística.

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é determinar a localização ideal de um centro de distribuição de mercadorias por compras on-line no noroeste paulista.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS

Nos primórdios da humanidade, os alimentos e commodities eram apenas consumidos por aqueles que habitavam na região onde eram produzidos ou coletados devido à inexistência de sistemas desenvolvidos de transporte e armazenamento (Ballou, 2005). A situação assemelha-se com as aldeias indígenas mais isoladas do Brasil, em que são autossuficientes em sua produção.

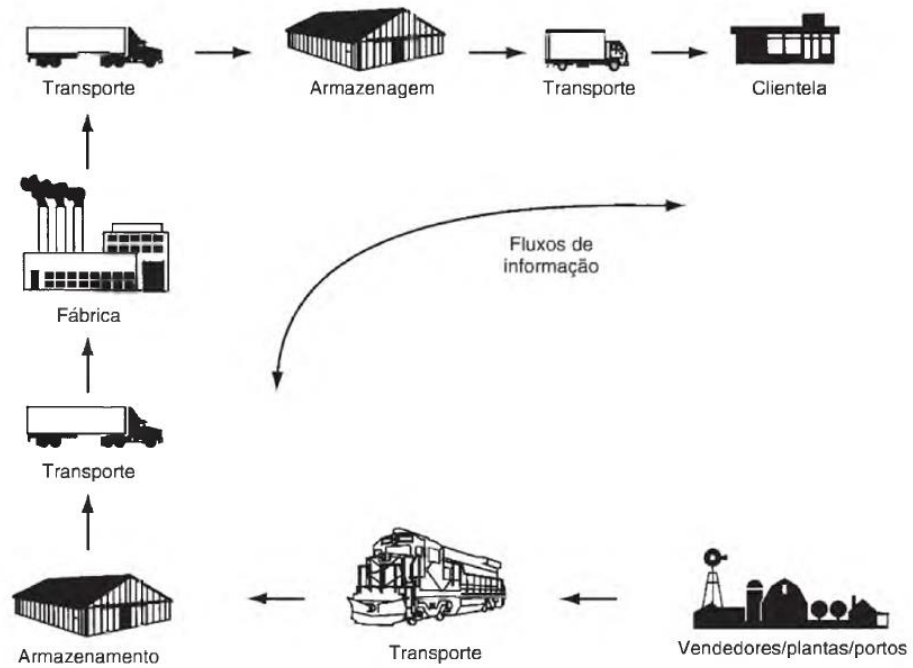
Com a evolução dos sistemas de transporte, engenharia e logística, o consumo e a produção distanciaram-se, principalmente porque a produção excedente começou a ser comercializada para locais onde a fabricação era escassa ou até inexistente.

Para Ballou (2005): "Sistemas logísticos eficazes dão ao comércio mundial condições de tirar proveito do fato de não serem as terras e as pessoas que nelas vivem uniformemente produtivas. A logística é a essência do comércio. Ela contribui decisivamente para melhorar o padrão econômico de vida geral."

Segundo Bertaglia (2009), a logística pode ser apresentada a partir da união de quatro atividades, sendo elas as de aquisição, movimentação, armazenagem e entrega dos produtos.

Ballou (2005) define logística/cadeia de suprimentos o conjunto das atividades funcionais que se repetem ao longo do caminho em que a matéria prima é convertida em produtos acabados, uma vez que os pontos de venda, fábricas e as fontes de matéria prima não possuem a mesma localização.

FIGURA 1 – Cadeia de suprimentos imediata da empresa



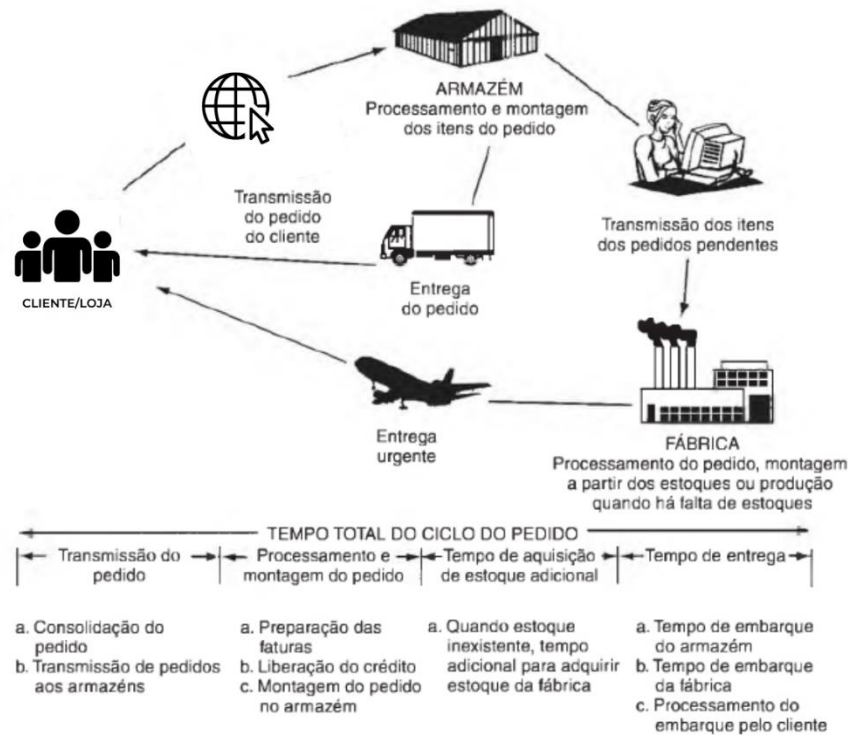
Fonte: Ballou (2005).

3.2 SERVIÇO AO CLIENTE

Os elementos de serviço ao cliente que o profissional de logística consegue controlar estão dentro do conceito de tempo de ciclo de pedido. O tempo de ciclo é definido por Ballou como:

“o tempo decorrido entre o momento de pedido do cliente, a ordem de compra ou requisição do serviço, e aquele da entrega do produto ou serviço ao cliente.”

FIGURA 2 – Componentes do ciclo do pedido do cliente



Fonte: Adaptada de Ballou (2005).

A figura 2 apresenta os componentes típicos do ciclo de tempo. Entre os componentes apresentados, a entrega do pedido é o elemento final principal, sendo esse o tempo necessário para que a encomenda seja transferida do ponto de estocagem até o ponto do cliente. Para Ballou (2005), a análise do tempo pode ser realizada quantitativamente pela média, desvio-padrão e a frequência.

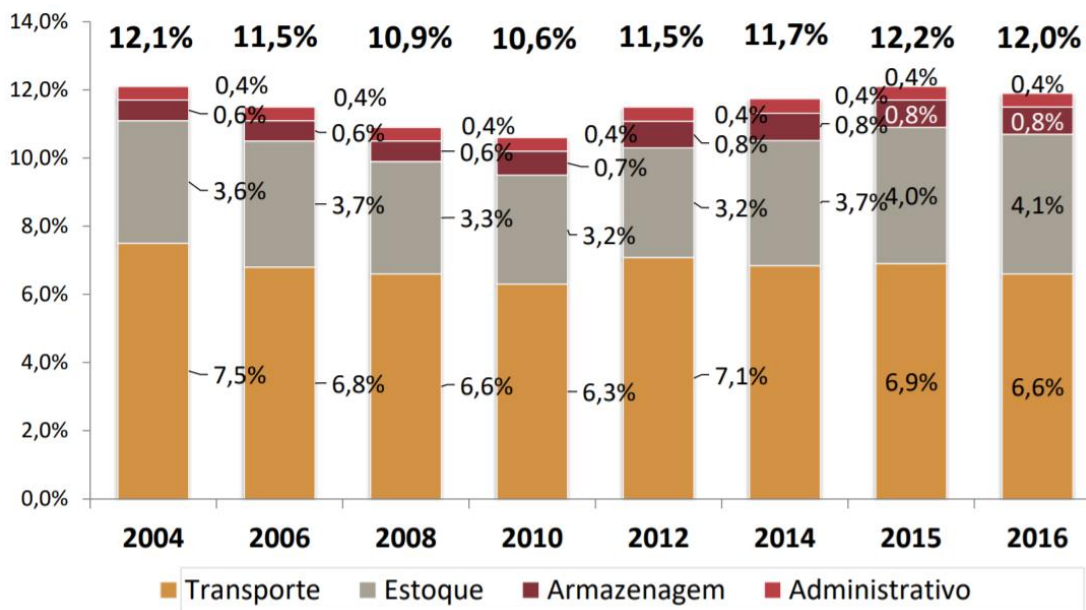
Para Alcântara (1997), o nível de serviço oferecido pela empresa pode ser o diferencial competitivo como, por exemplo, transporte especial, maior disponibilidade de estoque, processamento rápido de pedidos e menor perda ou dano de transporte, que afetam positivamente os clientes e, conseqüentemente, suas vendas.

3.3 CUSTOS LOGÍSTICOS

De acordo com o Instituto de Logística e Supply (ILOS) (2017), os custos logísticos em geral equivalem a 12,3% do PIB brasileiro, representando 7,6% dos faturamentos das empresas.

Os custos são divididos em três áreas, sendo elas: Logística de Suprimentos, de Produção e de Distribuição, sendo que a última representa mais da metade dos custos totais. Por isso, a busca pela redução dos custos é uma constante nas rotinas operacionais das empresas.

FIGURA 3 – Representatividade dos Custos Logísticos em relação ao PIB.



Fonte: ILOS (2017).

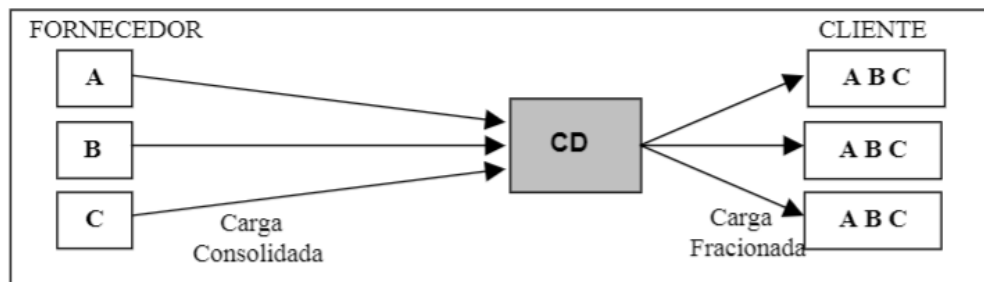
Livato e Souza (2010) sugerem a necessidade de apurar os custos logísticos exigindo um maior desenvolvimento de ferramentas que possibilitem gerar informações para a tomada de decisões, assim como a contratação de equipes especializadas na área de logística para que essas informações sejam utilizadas da maneira correta.

Neste contexto, a determinação ideal de um centro de distribuição torna-se essencial visando a diminuição de gastos, seja de tempo ou dinheiro para as empresas.

3.3 CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

Ramos (2015) define centro de distribuição como um armazém com três funções: gerir o estoque de produtos para futura distribuição física, receber cargas de diferentes fornecedores e fracionar cargas para consolidar produtos em quantidade e variedade correta, para posterior envio aos pontos de venda e clientes finais.

FIGURA 4 – Centro de Distribuição



Fonte: Adaptado de Bowersox e Closs (2001).

Para Hill (2003), ao se utilizar os Centros de Distribuição, é possível reduzir o *lead time*, - o tempo decorrido entre a chegada de um pedido efetuado por um cliente até a entrega do produto – reduzir o tempo de entrega e reduzir os custos logísticos, além de criar um patamar de competitividade.

Bowersox e Closs (2001) em sua obra destacam dois pontos positivos do CD (centro de distribuição) no sistema logístico: a possibilidade de adotar operações como consolidação, break bulk, crossdocking – recebimento e expedição de itens sem passar pelas áreas de armazenagem – e formação de estoque, além da possibilidade de agregar valor ao produto.

Segundo Lacerda (2000), os CDs promovem, além da melhora no atendimento, uma redução no custo de transporte, uma vez que diversas fábricas consolidam cargas, compartilhando espaço e os custos do transporte segundo sua mercadoria. Dessa forma, realizam-se diversas entregas dentro de uma só rota.

3.4 ESTRATÉGIA DE LOCALIZAÇÃO

Para discutir os métodos de definição de localização de um CD, Ballou (2005) classifica os problemas nas seguintes categorias:

- Força direcionadora;
- Número de instalações;
- Horizonte de tempo.

Para o trabalho em questão, a localização do centro de distribuição tem como força direcionadora os fatores econômicos como, por exemplo, o incentivo fiscal. Ao se discutir o número de instalações, os custos com transporte são o fator mais importante, por isso Ballou (2005) sugere que uma instalação única evita a necessidade de levar em consideração as forças competitivas, divisão de demandas e os custos de novas instalações.

A natureza do tempo dos métodos de localização pode ser estática ou dinâmica. Planos de localizações podem, no entanto, cobrir muitos anos de uma vez só, especialmente quando as instalações representarem um investimento fixo e os custos de mudar de uma localização para outra forem elevados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

O material a ser utilizado será constituído pelos dados obtidos através de um formulário especificamente elaborado para o desenvolvimento deste trabalho e aplicado pela plataforma *Google Forms*.

4.2 MÉTODOS

Nesse trabalho, será utilizado uma adaptação do método utilizado por Pinto (2016) e Ballou (2005), método de Centro de Gravidade Exato, para definir a localização de um Centro de Distribuição como apresentado a seguir.

Levando em consideração que a pesquisa englobaria toda a região noroeste paulista, optou-se por uma amostra de análise envolvendo apenas os 10 maiores municípios em termos de habitantes.

Na primeira etapa se fez definir os clientes que mais demandam volume de entregas. Na segunda, foi necessário um estudo dos modelos logísticos existentes para a definição de localização, buscando um aumento no nível de serviço ao cliente.

Na terceira fase foi realizada uma análise da localização encontrada, seus pontos positivos e negativos.

Por fim, será utilizada a pesquisa de compras realizadas na internet para definir os principais fatores que levam os consumidores escolherem as empresas online.

4.2.1 Definição das cidades de maior relevância

A primeira etapa do método consiste na definição das cidades de maior relevância, ou seja, aquelas em que a população forneça um maior volume de entregas e com maior periodicidade. Para a situação analisada, utiliza-se os dados de população e PIB das cidades da região noroeste paulista, sendo o último fator que teoricamente define o poder de compra da população.

Além disso, são definidas as coordenadas geográficas das cidades para posterior utilização.

Assim, ao fim dessa etapa, serão obtidos os seguintes fatores:

- As cidades mais relevantes em relação ao PIB e população.
- Identificação geográfica de tais cidades.

4.2.2 Estudo dos modelos logísticos

Como apresentado na revisão bibliográfica, a qualidade da logística é definida pelos fatores: tempo de entrega, frequência, confiança na entrega do produto. Sendo assim, após a localização dos clientes, se fez necessário o estudo de localização de instalações múltiplas, dinâmicas ou únicas de centro de distribuição.

Será utilizado o modelo de Ballou, chamado Centro de Gravidade Exato para definir a localização utilizando o volume de entregas mensais e o valor da tarifa de transporte.

O método consiste em minimizar a soma do volume em um ponto multiplicado pela tarifa de transporte para embarcar para o ponto multiplicada pela distância até o ponto, que é o custo total do transporte. Pode ser apresentado pela seguinte equação:

$$\text{Min } TC = V_i R_i d_i \quad (1)$$

Sendo:

- TC = custo total do transporte
- V_i = volume no ponto i
- R_i = taxa de transporte até o ponto i
- d_i = distância até o ponto i da instalação a ser localizada

A localização da instalação é encontrada pela resolução de duas equações para as coordenadas da localização e são apresentadas a seguir.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} \quad (2)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} \quad (3)$$

A distância d_i é estimado por:

$$d_i = K \sqrt{(X_i \pm \bar{X})^2 + (Y_i \pm \bar{Y})^2} \quad (4)$$

Em que K representa um fator de escala para converter de uma coordenada para quilômetros.

O processo de solução será realizado da seguinte forma:

- Determinar as coordenadas X e Y para cada cidade, juntamente com os volumes e tarifas de transporte.
- Aproximar a localização inicial das fórmulas para centro de gravidade omitindo os termos de distância d_i , como a seguir:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (5)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (6)$$

- Utilizar a solução para \bar{X} e \bar{Y} da etapa anterior para calcular

d_i conforme a equação 4.

- Substituir d_i nas Equações 2 e 3, e resolver para as coordenadas revisadas \bar{X} e \bar{Y} .
- Recalcular d_i a partir das coordenadas revisadas \bar{X} e \bar{Y} .
- Repetir as duas últimas etapas até que as coordenadas \bar{X} e \bar{Y} não mudem por sucessivas iterações.

4.2.3 Análise do local definido

Nesta fase a localização encontrada para o Centro de Distribuição será analisada, verificando seus pontos positivos e negativos.

4.2.4 Análise da pesquisa de compras online

Os dados da pesquisa realizada na plataforma *Google Forms* serão analisados e comentados de forma qualitativa, evidenciando os principais pontos relacionados a logística.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO NO NOROESTE PAULISTA

A região do Noroeste Paulista é composta por 117 municípios com um total de 1.852.349 habitantes, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2019, o que equivale a aproximadamente 4% da população total do estado de São Paulo (46,6 milhões de habitantes).

De posse de dados de censo, serão demonstradas as etapas definidas segundo o método proposto.

5.2 CIDADES DE MAIOR RELEVÂNCIA NO NOROESTE PAULISTA

As cidades de maior relevância foram definidas a partir de dados do IBGE e apresentados a seguir.

TABELA 1 – Número de habitantes das maiores cidades do noroeste paulista.

CIDADE	Nº DE HABITANTES
São José do Rio Preto	464.983
Catanduva	122.497
Votuporanga	96.106
Fernandópolis	69.402
Mirassol	60.303
Olímpia	55.130
Jales	49.291
Novo Horizonte	41.414
Jose Bonifácio	37.366
Santa Fé do Sul	32.563

Fonte: IBGE.

FIGURA 5 – Distribuição das cidades mais relevantes.



Fonte: Autoria própria.

TABELA 2 – PIB em milhões das maiores cidades do Noroeste Paulista em 2018.

CIDADE	PIB (em milhões)
São José do Rio Preto	R\$ 17.542,485
Catanduva	R\$ 4.195,221
Votuporanga	R\$ 2.928,688
Olímpia	R\$ 2.034,078
Fernandópolis	R\$ 2.006,104
Mirassol	R\$ 1.810,223
Jales	R\$ 1.546,576
Jose Bonifácio	R\$ 1.320,742
Novo Horizonte	R\$ 1.094,927
Santa Fé do Sul	R\$ 1.084,780

Fonte: IBGE.

Para se determinar a frequência de entregas nas respectivas cidades, foram utilizados dados da pesquisa *Shopping During The Pandemic*, IPSOS (2021), a

terceira maior empresa de pesquisa e de inteligência de mercado do mundo. Entre os dados apresentados, destaca-se que 47% dos brasileiros começaram a comprar mais online do que no período pré-pandemia. Além disso, a pesquisa aponta que cerca de 59% da população faz pelo menos uma compra por mês.

Assim, podemos fazer uma relação entre a população total das cidades e a quantidade de entregas mensais, estimando que apenas 59% da população faz compras online e que seja de apenas uma por mês da seguinte forma:

$$\text{Entregas Mensais} = 0,59 \cdot n^{\circ} \text{ de habitantes}$$

TABELA 3 – Número de entregas mensais nas principais cidades do Noroestes Paulista.

CIDADE	ENTREGAS MENSAIS
São José do Rio Preto	274340
Catanduva	72273
Votuporanga	56703
Fernandópolis	40947
Mirassol	35579
Olímpia	32527
Jales	29082
Novo Horizonte	24434
Jose Bonifácio	22046
Santa Fé do Sul	19212

Fonte: Autoria própria.

Além disso, o fator PIB também será levado em consideração de relevância, pois também de acordo com a pesquisa da IPSOS, quanto maior a renda da população, maior será o seu consumo e conseqüentemente mais entregas.

5.2 ESTUDO DOS MODELOS LOGÍSTICOS

Para definirmos o nível de serviço desejado, assim como Pinto (2016), serão objetivados os fatores: volume total movimentado e tarifas de transporte.

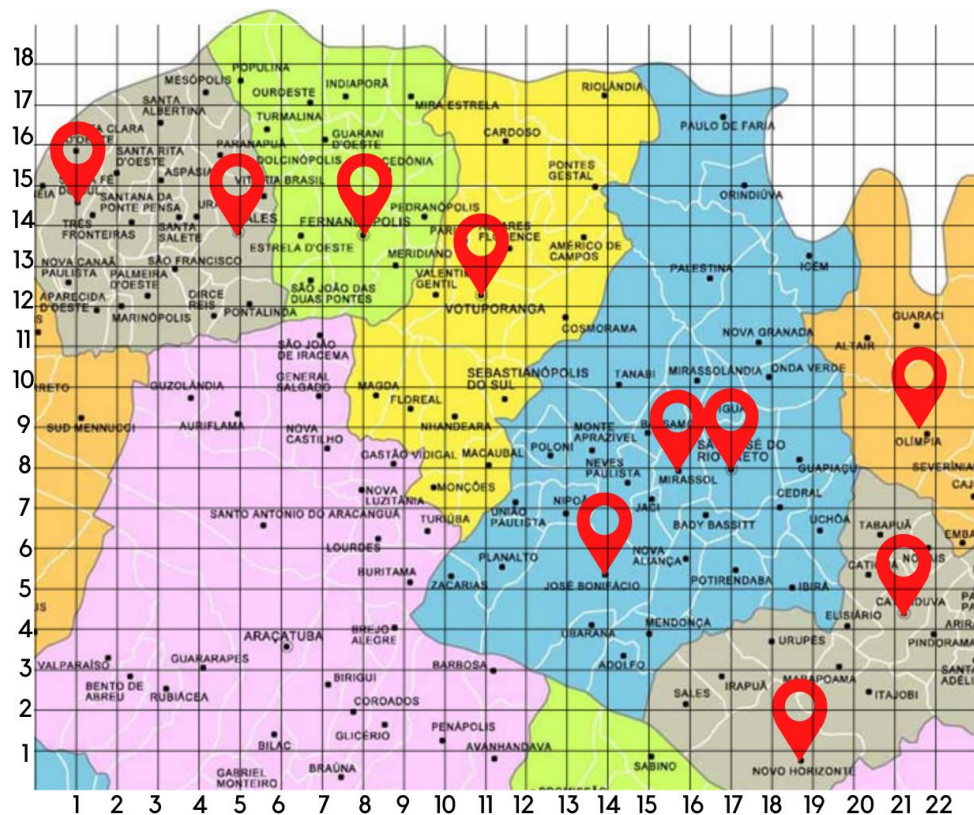
Neste projeto, em relação ao número de instalações, será considerado

apenas o cenário de um Centro de Distribuição, levando em consideração os custos de investimento e manutenção a ela associados.

Será utilizado o método apresentado por Ballou (2005) denominado “Centro de Gravidade Exato”

- a) As coordenadas dos pontos X e Y de cada cidade foram determinados com o auxílio do software Photoshop e são apresentados a seguir junto com os dados de volumes de entregas mensais. As tarifas lineares de transporte para as cidades em questão serão consideradas como iguais, por todas se localizarem no Estado de São Paulo, adotando valor igual a 1.

FIGURA 6 – Mapa de Localização das cidades em plano cartesiano.



Fonte: Autoria própria.

TABELA 4 – Coordenadas X, Y e o volume de entrega mensal de cada cidade.

REFERÊNCIA	CIDADE	X	Y	V _i
1	São José do Rio Preto	17,0	8,0	274340
2	Catanduva	21,2	4,4	72273
3	Votuporanga	10,9	12,3	56703
4	Fernandópolis	8,0	13,8	40947
5	Mirassol	15,7	8,0	35579
6	Olímpia	21,8	8,9	32527
7	Jales	5,0	13,9	29082
8	Novo Horizonte	18,7	0,8	24434
9	Jose Bonifácio	13,9	5,4	22046
10	Santa Fé do Sul	1,0	14,6	19212

Fonte: Autoria própria.

b) Definindo a localização inicial, temos:

TABELA 5 – Definição da coordenada X inicial.

REFERÊNCIA	CIDADE	V _i -R _i	V _i -R _i .X _i
1	São José do Rio Preto	274340	4663779,5
2	Catanduva	72273	1532192,5
3	Votuporanga	56703	618057,7
4	Fernandópolis	40947	327577,4
5	Mirassol	35579	558586,7
6	Olímpia	32527	709082,1
7	Jales	29082	145408,5
8	Novo Horizonte	24434	456920,7
9	Jose Bonifácio	22046	306438,6
10	Santa Fé do Sul	19212	19212,2

Fonte: Autoria própria.

$$\bar{X}_{inicial} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} = \frac{9337255,68}{607142,5} = 15,37902$$

TABELA 6 – Definição da coordenada Y inicial.

REFERÊNCIA	CIDADE	Vi-Ri	Vi-Ri.Yi
1	São José do Rio Preto	274340	2194719,8
2	Catanduva	72273	318002,2
3	Votuporanga	56703	697441,2
4	Fernandópolis	40947	565071,1
5	Mirassol	35579	284630,2
6	Olímpia	32527	289487,6
7	Jales	29082	404235,5
8	Novo Horizonte	24434	19547,4
9	Jose Bonifácio	22046	119048,1
10	Santa Fé do Sul	19212	280497,7

Fonte: Autoria própria.

$$\bar{Y}_{inicial} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} = \frac{5172680,7}{607142} = 8,51971$$

c) Calculando d_i utilizando as coordenadas iniciais de X e Y, temos:

TABELA 7 – Definição das distâncias iniciais.

REFERÊNCIA	CIDADE	Vi-Ri	Vi-Ri.Xi	Vi-Ri.Yi	di
1	São José do Rio Preto	274340	4663779,5	2194719,8	36,35
2	Catanduva	72273	1532192,5	318002,2	38,79
3	Votuporanga	56703	618057,7	697441,2	33,53
4	Fernandópolis	40947	327577,4	565071,1	32,32
5	Mirassol	35579	558586,7	284630,2	35,20
6	Olímpia	32527	709082,1	289487,6	41,06
7	Jales	29082	145408,5	404235,5	30,30
8	Novo Horizonte	24434	456920,7	19547,4	35,33
9	Jose Bonifácio	22046	306438,6	119048,1	32,42
10	Santa Fé do Sul	19212	19212,2	280497,7	28,33

Fonte: Autoria própria.

d) Recalculando \bar{X} e \bar{Y} com as distâncias d_i nas Equações 2 e 3, temos:

TABELA 8 – Primeira iteração do método Centro de Gravidade Exato.

i	Vi·Ri	Vi·Ri·Xi	Vi·Ri·Yi	di	(Vi·Ri)/di	(Vi·Ri·Xi)/di	(Vi·Ri·Yi)/di
1	274340	4663779,5	2194719,8	36,35	7547,0	128299,5	60376,24
2	72273	1532192,5	318002,2	38,79	1863,0	39495,0	8197,07
3	56703	618057,7	697441,2	33,53	1691,2	18434,2	20801,90
4	40947	327577,4	565071,1	32,32	1266,8	10134,4	17481,76
5	35579	558586,7	284630,2	35,20	1010,8	15870,0	8086,62
6	32527	709082,1	289487,6	41,06	792,2	17270,0	7050,60
7	29082	145408,5	404235,5	30,30	959,8	4799,2	13341,75
8	24434	456920,7	19547,4	35,33	691,6	12932,4	553,26
9	22046	306438,6	119048,1	32,42	680,0	9452,0	3672,01
10	19212	19212,2	280497,7	28,33	678,1	678,1	9899,54
					17180,5	257364,7	149460,74

Fonte: Autoria própria.

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 14,98005$$

$$\bar{Y}_1 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 8,69944$$

e) Com as novas coordenadas encontradas, realiza-se iterações até que a diferença entre as coordenadas seja tão pequena que continuar o cálculo não seja proveitoso.

TABELA 9 – Segunda iteração do método Centro de Gravidade

Exato.

i	Vi·Ri	Vi·Ri·Xi	Vi·Ri·Yi	di	(Vi·Ri)/di	(Vi·Ri·Xi)/di	(Vi·Ri·Yi)/di
1	274340	4663779,5	2194719,8	36,08	7604,2	129270,7	60833,27
2	72273	1532192,5	318002,2	38,48	1878,3	39819,5	8264,42
3	56703	618057,7	697441,2	33,33	1701,4	18544,7	20926,61
4	40947	327577,4	565071,1	32,16	1273,2	10185,7	17570,26
5	35579	558586,7	284630,2	34,93	1018,6	15991,4	8148,48
6	32527	709082,1	289487,6	40,77	797,7	17390,6	7099,82
7	29082	145408,5	404235,5	30,17	964,1	4820,4	13400,74
8	24434	456920,7	19547,4	34,99	698,2	13057,1	558,59
9	22046	306438,6	119048,1	32,14	686,0	9535,1	3704,28
10	19212	19212,2	280497,7	28,25	680,0	680,0	9928,11
					17301,6	259295,1	150434,59

Fonte: Autoria própria.

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 14,98678$$

$$\bar{Y}_2 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 8,69484$$

$$\Delta_x = 0,00673$$

$$\Delta_y = 0,0046$$

TABELA 10 – Terceira iteração do método Centro de Gravidade

Exato.

i	Vi·Ri	Vi·Ri·Xi	Vi·Ri·Yi	di	(Vi·Ri)/di	(Vi·Ri·Xi)/di	(Vi·Ri·Yi)/di
1	274340	4663779,5	2194719,8	36,08	7603,4	129257,0	60826,80
2	72273	1532192,5	318002,2	38,48	1878,0	39814,6	8263,40
3	56703	618057,7	697441,2	33,33	1701,2	18543,4	20925,15
4	40947	327577,4	565071,1	32,16	1273,1	10185,2	17569,39
5	35579	558586,7	284630,2	34,93	1018,5	15989,7	8147,62
6	32527	709082,1	289487,6	40,78	797,7	17388,8	7099,11
7	29082	145408,5	404235,5	30,17	964,0	4820,2	13400,29
8	24434	456920,7	19547,4	35,00	698,1	13055,1	558,51
9	22046	306438,6	119048,1	32,14	685,9	9533,9	3703,81
10	19212	19212,2	280497,7	28,25	680,0	680,0	9928,10
					17300,0	259267,9	150422,19

Fonte: Autoria própria.

$$\bar{X}_3 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i X_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 14,98662$$

$$\bar{Y}_3 = \frac{\sum_i \frac{V_i R_i Y_i}{d_i}}{\sum_i \frac{V_i R_i}{d_i}} = 8,69494$$

$$\Delta_x = 0,00016$$

$$\Delta_y = 0,0001$$

- f) A localização encontrada pelo método do Centro de Gravidade Exato é apresentada a seguir e representado na figura.

$$\bar{X}_{final} = 14,98662$$

$$\bar{Y}_{final} = 8,69494$$

FIGURA 7 – Localização ideal do Centro de Distribuição.



Fonte: Autoria própria.

5.3 ANÁLISE DOS MODELOS LOGÍSTICOS

A localização ideal do Centro de Distribuição no Noroeste Paulista pelo método do Centro de Gravidade Exato seria na cidade de Balsamo, com população estimada de 9209 habitantes.

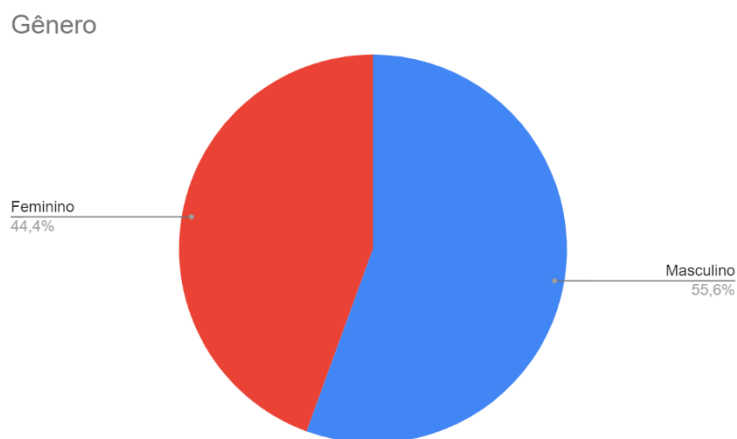
Além do modelo apresentado, existem outros métodos matemáticos para encontrar a localização ideal de uma instalação única. Todos levam em consideração diversos fatores, mas não há modelo algum em condições de abranger todas as características desejadas de maneira que a solução leve a uma decisão simples e direta para a gerência.

Assim, a solução apresentada apenas pode proporcionar diretrizes de solução e a interpretação de seus pontos positivos e negativos exige um bom entendimento de todas as condições.

5.4 ANÁLISE DA PESQUISA DE COMPRAS NA INTERNET

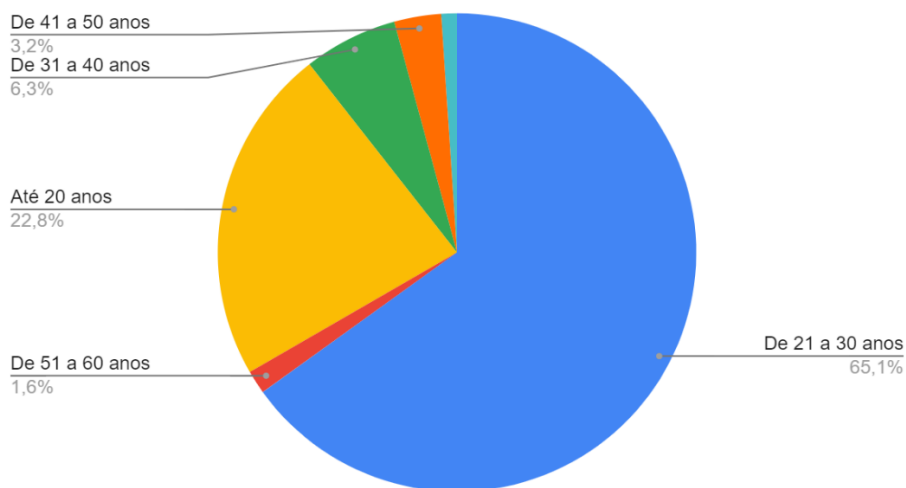
Na pesquisa realizada pela plataforma *Google Forms*, foram obtidas 189 respostas de pessoas de diversas cidades do país. Os dados serão apresentados em forma de gráficos para melhor visualização e, quando necessário serão adicionados comentários.

FIGURA 8 – Gênero dos participantes da pesquisa.



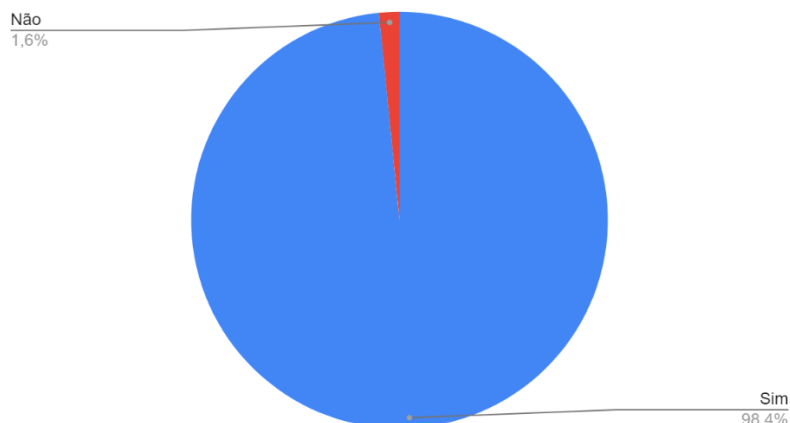
Fonte: Autoria própria.

FIGURA 9 – Definição da faixa etária.



Fonte: Autoria própria.

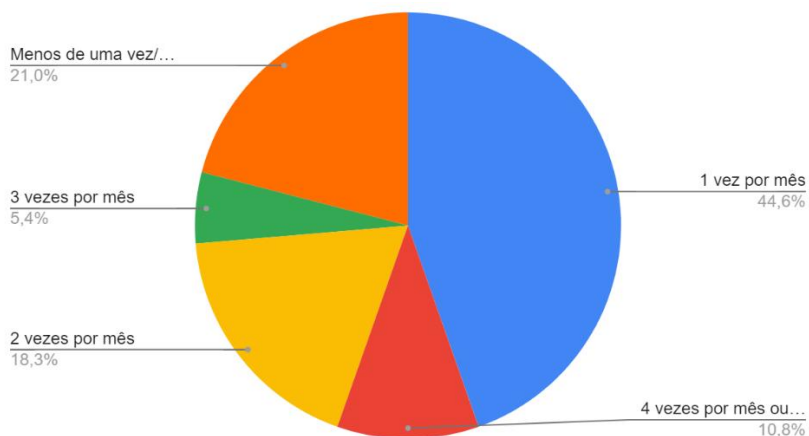
FIGURA 10 – Porcentagem daqueles que fazem compras na internet.



Fonte: Autoria própria.

Atualmente, todos os gêneros e faixas etárias estão presentes na internet e são poucas as barreiras de introdução às compras online, por isso o alto índice de pessoas que fazem compras pela internet.

FIGURA 11 – Frequência de compras na internet.

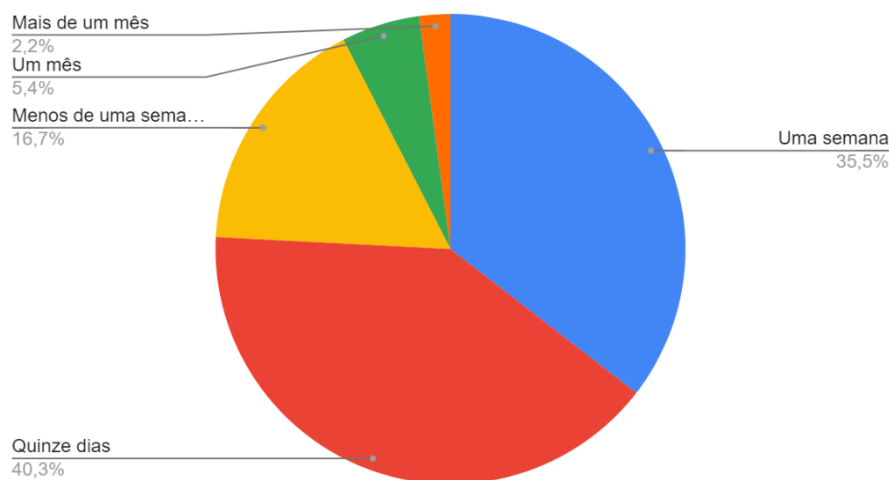


Fonte: Autoria própria.

Principalmente durante a pandemia da Covid-19, com a grande maioria das lojas sendo fechadas para o controle do contágio, as pessoas tiveram que se adaptar a fazer compras online, desde os *deliveries* de comida, como iFood e UberEats, como

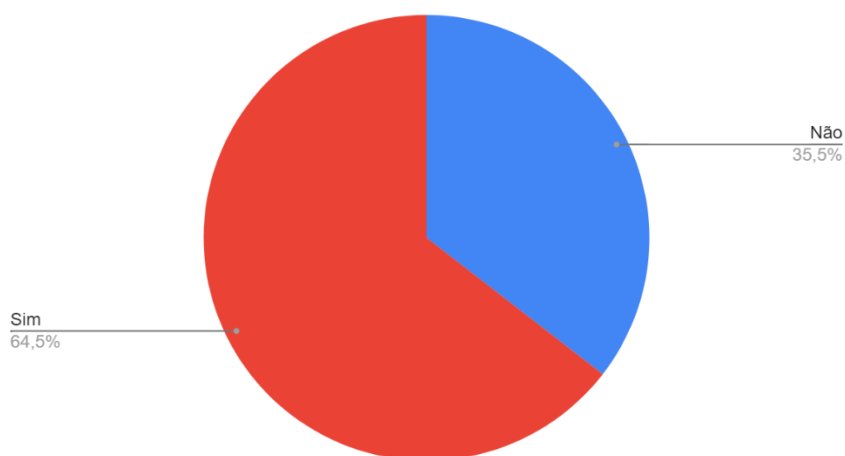
roupas e calçados. Por conta disso, a frequência de compras online, em grande parte das casas, aumentou consideravelmente.

FIGURA 12 – Tempo médio de entrega.



Fonte: Autoria própria.

FIGURA 13 – Índice de satisfação com o tempo de entrega.

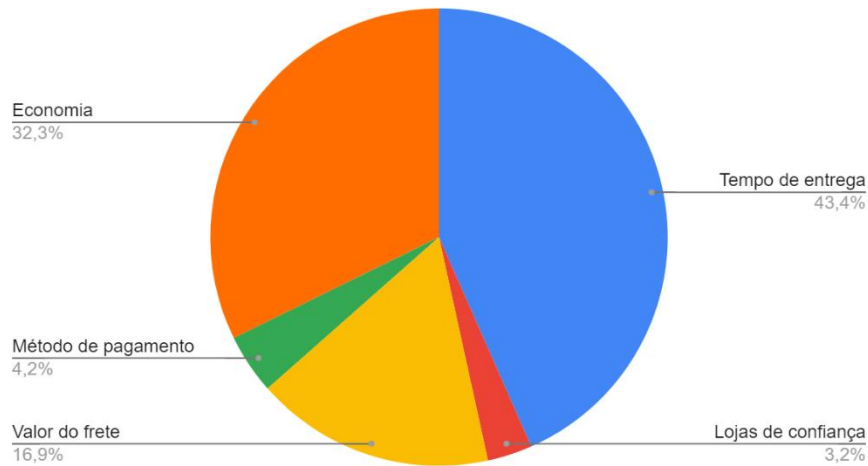


Fonte: Autoria própria.

Ainda que grande parte das pessoas tenham respondido que o tempo de entrega fosse de uma semana, cerca de 35% ainda se sente insatisfeita com os serviços de entrega realizados atualmente, fator que pode ser corrigido pela instalação

de um centro de distribuição mais perto dos clientes.

FIGURA 14 – Fatores que influenciam na hora da compra.



Fonte: Autoria própria.

Por fim, é interessante destacar que entre os fatores que influenciam na decisão da compra online, o tempo de entrega e o valor do frete representam cerca de 60% do total. Dessa forma, ao investir na sua logística, definindo a localização ideal de um centro de distribuição, além da empresa economizar tempo em todos os seus processos e reduzir seu gasto com frete, mantém o seu cliente satisfeito traduzindo em um aumento expressivo em sua margem de lucro.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou, a partir de uma análise quantitativa dos dados da região Noroeste Paulista, definir uma possível localização ideal de um centro de distribuição. Além disso, também permitiu uma pesquisa de campo para obter dados consistentes para destacar a importância da logística para as empresas de varejo, sendo o fator tempo de entrega um dos mais determinantes no momento de decisão de compra dos clientes.

Com o auxílio do Método de Gravidade Exato apresentado por Ballou (2005) e adaptado de Pinto (2016), e com dados atualizados de órgãos governamentais, definiu-se a cidade de Bálsamo, vizinha de São José do Rio Preto, como a localização ideal do centro de distribuição no Noroeste. No caso, supõe-se que os volumes de demanda estejam concentrados em um único ponto.

O questionário com perguntas abertas conseguiu mostrar a situação das compras feitas pela internet e, além disso, evidenciar que os usuários em questão definem a loja em que vão comprar principalmente pelo tempo de entrega, economia e o valor do frete.

Sua localização estratégica reduz o consumo de combustível, ao passo que o aluguel de um galpão à parte minimiza a necessidade de obras para manutenção na sede da empresa, além de baratear os fretes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, R. L. C. – **Logística, nível de serviço e ciclo de pedido: Compreender para otimizar.** UFSCAR. São Carlos, 1997.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 5 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2005.

BOWERSOX, Donald J. & CLOSS, David J. - **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.** São Paulo: Atlas, 594p. 2000.

DAVIS, H. W.; DRUMM, W. H. – **Logistics Costs and Service.** Annual Conference Proceedings. Kansas City, 2001.

HILL, Arthur - **Centros de Distribuição: estratégia para redução de custos e garantia de entrega rápida e eficaz** - 4ª Conferência sobre logística colaborativa, 2003.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto e População.** Rio de Janeiro, 2018.

ILOS – INSTITUTO DE LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN. **Panorama de Custos Logísticos no Brasil.** Rio de Janeiro, 2017.

IPSOS – GLOBAL MARKET RESEARCH AND PUBLIC OPINION SPECIALIST. **Shopping During Pandemic.** 2021.

LACERDA, Leonardo - **Armazenagem estratégica: analisando novos conceitos.** Centro de Estudos em Logística (CEL), COPPEAD/UFRJ, 2000.

LIVATO, M.; SOUZA, A. P. M. – **Gestão de Custos logísticos na Cadeia de Suprimentos: um estudo sobre o Custo de Transporte de Cargas.** Enegep. São Carlos, 2010.

PINTO, Mariana – **Análise logística para definição da localização de um centro de distribuição de bebidas em Fortaleza/CE.** UFC. Fortaleza, 2016.

RAMOS, P. T. R. – **Estudo para implantação de Centro de Distribuição de produtos farmacêuticos na cidade de Uberlândia/MG.** UFU. Uberlândia, 2015.