

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SUENY GRANGEIRO DA SILVA

ANÁLISE PARA A ESCOLHA DE UMA LOCALIZAÇÃO ESTRATÉGICA PARA UM
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES NO
ESTADO DO PARANÁ

JANDAIA DO SUL

2023

SUENY GRANGEIRO DA SILVA

ANÁLISE PARA A ESCOLHA DE UMA LOCALIZAÇÃO ESTRATÉGICA PARA UM
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES NO
ESTADO DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção, Campus Avançado de Jandaia do Sul, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Dr. Marco Aurélio Reis dos Santos

JANDAIA DO SUL

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA JANDAIA DO SUL

Silva, Sueny Grangeiro da

Análise para a escolha de uma localização estratégica para um centro de distribuição de uma empresa de fertilizantes no Estado do Paraná. / Sueny Grangeiro da Silva. – Jandaia do Sul, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Jandaia do Sul, Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Reis dos Santos.

1. Logística. 2. Centro de distribuição. 3. Estratégia de localização. 4. Pesquisa operacional. I. Santos, Marco Aurélio Reis dos. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD: 658.5

Bibliotecário: César A. Galvão F. Conde - CRB-9/1747



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PARECER Nº 106/2023/UFPR/R/JA
PROCESSO Nº 23075.079917/2019-87
INTERESSADO: SUENY GRANGEIRO DA SILVA

TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: ANÁLISE PARA A ESCOLHA DE UMA LOCALIZAÇÃO ESTRATÉGICA PARA UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES NO ESTADO DO PARANÁ

Autor(a): SUENY GRANGEIRO DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Engenharia de Produção, aprovado pela seguinte banca examinadora.

MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS (Orientador)

JULIANA VERGA SHIRABAYASHI

RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL GERMANO DAL MOLIN FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2023, às 14:33, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA VERGA SHIRABAYASHI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2023, às 15:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARCO AURELIO REIS DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/12/2023, às 19:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **6276898** e o código CRC **8C95E0B0**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar em suas entrelinhas e me colocar sempre no lugar certo, na hora certa. Por me dar a força necessária e discernimento para concluir a minha faculdade, sonho inalcançável em algum momento na cabeça de uma menininha do sítio.

Ao meu pai, meu irmão por todo incentivo e apoio, e a minha mãe, que sempre me encorajou para nunca desistir e acreditou no meu potencial, me ensinou a erguer a cabeça e seguir em frente mesmo com todas as adversidades.

Ao Leonardo por me motivar e por estar presente nessa ocasião excepcional da minha vida, pela paciência e carinho. Agradeço ao momento que estou tendo a oportunidade de viver. Todos os detalhes da minha vida fizeram eu me tornar uma pessoa que eu me orgulho de ser, mesmo tendo tanto a melhorar.

A imensidão de conhecimento que foi transmitido a mim, de cada professor, esses que possuem uma sabedoria divina para ensinar a jovens e auxiliá-los com o seu futuro.

Em especial ao meu professor, também orientador, Dr. Marco Aurélio, que aceitou me orientar e sempre se fez presente quando precisei. Aos demais presentes na banca, pela disposição em avaliar e corrigir este trabalho.

Obrigada UFPR, pela oportunidade incrível de estudar em uma universidade tão renomada, de excelente qualidade e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Com a crescente concorrência entre as empresas, elas despendem grande atenção para as estratégias logísticas, pois são essenciais para que a maioria dos segmentos de mercado consigam se destacar e atingir maior vantagem competitiva em seu negócio. A análise para a escolha de uma boa localização de um Centro de Distribuição, pode proporcionar uma redução no tempo de entrega das mercadorias com custo reduzido. De uma forma geral, as empresas buscam reduzir os seus custos, fazendo com que o nível competitivo delas aumente, destacando-se assim, diante dos seus concorrentes. Para que a análise seja atendida de forma satisfatória, foi utilizado o método da Localização de Instalação Única, onde o resultado do local indicado para implementar um novo Centro de Distribuição foi definido entre as cidades de Jandaia do Sul- PR e o distrito de São José – PR, com o menor custo entre as entregas, considerando a quantidade demandada de cada ponto e os custos de cada movimentação. O trabalho contribui positivamente com a solução apresentada e de sugestão de trabalhos futuros, sugere-se a implementação do CD a partir desta pesquisa normativa.

Palavras-chave: Logística. Centro de Distribuição. Estratégia de localização. Pesquisa Operacional.

ABSTRACT

With the increasing competition among companies, they pay great attention to logistical strategies, as they are essential for most market segments to stand out and achieve a competitive advantage in their business. The analysis for choosing a good location for a distribution center will result in a reduction in the delivery time of goods with reduced costs. In general, companies seek to reduce their costs, thus increasing their competitive level and distinguishing themselves from their competitors. To ensure that the analysis is satisfactorily met, the Single Facility Location method was employed, where the result indicated the recommended location to implement a new Distribution Center between the cities of Jandaia do Sul, PR, and the district of São José, PR, with the lowest cost between deliveries. This takes into consideration the demanded quantity at each point and the costs associated with each movement. The work makes a positive contribution to the presented solution and suggests future research directions. The implementation of the Distribution Center is recommended based on this normative research.

Keywords: Logistics. Distribution Center. Location Strategy. Operation Research.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	12
FIGURA 2 – PRINCIPAIS ÁREAS DA LOGÍSTICA	14
FIGURA 3 – CONFIGURAÇÃO DOS CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO	15
FIGURA 4 – PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO	16
FIGURA 5 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	22
FIGURA 6 – FLUXO DA EMPRESA	23
FIGURA 7 – FASES DA PESQUISA	24
FIGURA 8 – BASE DE DADOS DO EXCEL.....	26
FIGURA 9 – REGIÃO DE ENTREGA NO MAPA DO PARANÁ	27
FIGURA 10 – QUANTIDADE POR MÊS	29
FIGURA 11 – QUANTIDADE POR TRANSPORTADORA	30
FIGURA 12 – CONFIGURAÇÃO DA PLANILHA EM EXCEL	30
FIGURA 13 – LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	32
FIGURA 14 – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO EM RELAÇÃO AS ENTREGAS.....	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLIENTE POR QUANTIDADE	28
TABELA 2 – COORDENADA GEOGRÁFICA	31

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CD - Centro de Distribuição

PCP – Planejamento e Controle de Produção

PO - Pesquisa Operacional

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo geral	12
1.4 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 FUNDAMENTOS DA LOGÍSTICA	14
2.2 CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	16
2.3 PESQUISA OPERACIONAL	17
2.4 LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO ÚNICA	18
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO	22
3 MÉTODOS DE PESQUISA	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA	24
3.3 FASES DA PESQUISA	25
3.3.1 Planejamento da pesquisa	25
3.3.2 Coleta, tabulação e análise dos dados	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 VERIFICAÇÃO DOS DADOS	28
4.2 VALIDAÇÃO DO MODELO EM EXCEL	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As empresas que buscam ser mais competitivas, devem apresentar excelência em suas entregas aos clientes finais, menor preço em relação a concorrência e maior qualidade, independente de qual seja o segmento no mercado. De acordo com Ballou (2006), quando melhorados os aspectos de um produto e forem positivos em sua posição de mercado, isso ocasiona em vantagem competitiva. Quando se trata de atender aos clientes, eles precisam ser prioridades da empresa ou seu lugar no mercado estará em risco.

A logística é responsável pelo gerenciamento do armazenamento do produto, movimentações e entrega. Geralmente, as empresas possuem um Centro de Distribuição (CD), definido como uma unidade física que armazena itens que, quando vendidos, serão enviados aos seus destinatários. Atualmente, as exigências por parte dos clientes em relação ao tempo de entrega dos produtos estão aumentando e requer que os processos logísticos estejam cada vez mais integrados, para que tenham seus custos reduzidos e sua eficiência aumentada. “A redução de custos é a estratégia voltada para o enxugamento dos custos variáveis relacionados ao transporte e armazenagem.” Ballou (2006).

Estratégias competitivas nos processos logísticos podem ser um grande diferencial à empresa, para Vernuccio (2010), quando reduzem seus custos através de estudos para viabilizar uma entrega ou movimentação com maior eficiência, automaticamente esse valor é repassado ao produto, e conseqüentemente ao cliente, ganhando espaço e atenção em relação aos seus concorrentes.

Para a melhor tomada de decisão nos processos de escolha e definição de um novo Centro de Distribuição, a logística em conjunto com a Pesquisa Operacional (PO), pode contribuir positivamente através de cálculos e de análises, com abordagens da estratégia de localização única.

Diante do contexto apresentado, este trabalho foca em apresentar o resultado da análise de qual será a melhor posição para abrir um Centro de Distribuição no estado do Paraná, com base nas cidades de entrega com maior demanda de fertilizantes e da precificação de fretes com base em dados mascarados, a fim de otimizar os custos de frete da empresa.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com BALLOU (2006), “Localizar instalações fixas ao longo da rede da cadeia de suprimentos é um importante problema de decisão que dá forma, estrutura e contornos ao conjunto completo dessa cadeia.” Dessa forma, observa-se que a nova localização para implementação de um novo Centro de Distribuição pode ser uma boa estratégia a empresa.

A empresa atual não trabalha com itens estocados, há a necessidade de a entrega ser mais rápida ao cliente, através do local estrategicamente encontrado e a redução de falta de produtos em picos de sazonalidade, deste caso, na safra do plantio de soja.

A redução de custos variáveis de transportes, advém de um período maior de contratação e negociação de fretes com antecedência, sendo fundamentais para estas questões estratégicas, desta forma, o método de Localização de Instalação Única, contribui para que a tomada de decisão seja mais assertiva.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Identificar uma localização estratégica ótima para implementação de um Centro de Distribuição, considerando fatores como eficiência logística, custo de transporte e proximidade aos principais clientes.

1.3.1.1 Objetivos específicos

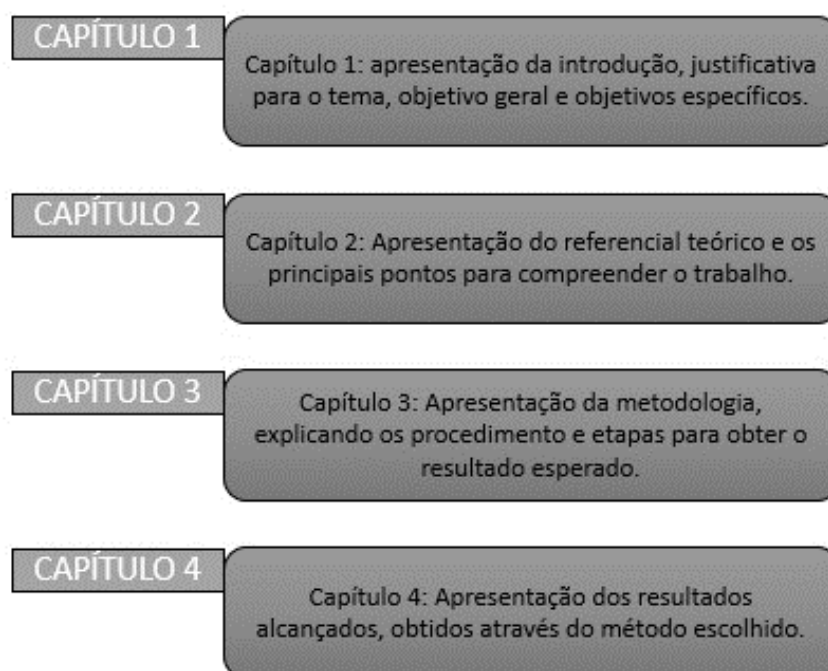
Os objetivos específicos são:

- Formular o modelo de Localização de Instalação Única para o caso estudado.
- Obter dados paramétricos para análise, tais como: localização dos clientes, quantidades demandadas e tarifas de fretes por km rodado.
- Definir o melhor ponto geográfico para instalação de um Centro de Distribuição.
- Apresentar uma discussão com base na solução encontrada sobre sua aplicabilidade e impacto na orientação estratégica para empresa.

1.4 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A apresentação do trabalho foi definida com quatro capítulos, destacados e detalhados na Figura 1.

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.



FONTE: Autora (2023).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FUNDAMENTOS DA LOGÍSTICA

Sobre os fundamentos da logística, é importante ressaltar que existem inúmeras definições e a mais adequada ao tema do trabalho é a de Ballou (2006, p.27 *apud* Gonçalves, 2013, p.7) que define como

“Todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o escoamento de produtos, desde o ponto de aquisição de matérias-primas até o ponto de consumo final, assim como os fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviços adequados aos clientes a um custo razoável.”

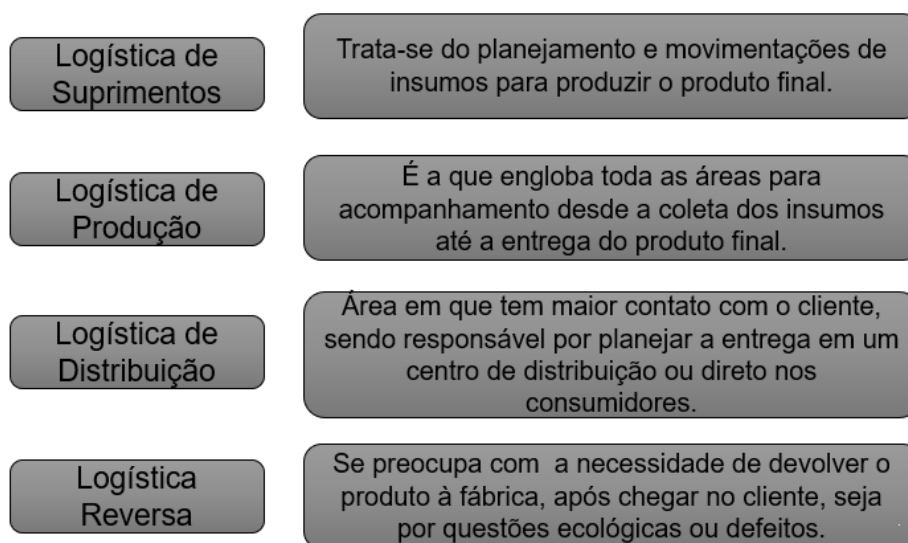
Para Louzada (2019), se trata de um processo que transporta e armazena itens, referente a matéria prima ou mercadorias acabadas, para atender o cliente final. Dentre esses circuitos, há inúmeros procedimentos e áreas envolvidas para que o objetivo seja realizado de concretizar a entrega ao cliente, com as especificações por ele exigidas.

Para o estudo atual, pode-se considerar que a logística é dividida em quatro principais áreas, sendo elas:

- Logística de Suprimentos;
- Logística de Produção;
- Logística de Distribuição;
- Logística Reversa;

As definições de cada área serão explicadas de forma sucinta na Figura 2.

FIGURA 2 – PRINCIPAIS ÁREAS DA LOGÍSTICA.



FONTE: Autora (2023).

Atualmente, é imprescindível que o sistema logístico seja integrado, para que os objetivos sejam de fato, estudados minuciosamente em cada passo, maximizando os lucros, bom atendimento ao cliente e excelente qualidade, sem que haja falta de material em alguma das etapas ou que algum investimento seja desperdiçado (Gonçalves, 2013). O bom funcionamento do fluxo das informações faz com que todas as áreas sejam ligadas e que não haja algum ponto da cadeia fora dos padrões pré-estabelecidos em cada empresa, nas suas diferentes peculiaridades.

Há vários tipos de modais de transporte logísticos e são definidos em seis principais, sendo eles: aéreo, ferroviário, rodoviário, aquaviário, infoviário e dutoviário. Para o trabalho atual, foi limitado a citação de uso de transporte apenas com o modal rodoviário, visto que é o segmento que a empresa faz uso (Nogueira, 2018).

As estradas do Brasil estão em condições precárias, sendo que “72% das estradas brasileiras se encontram em situação ruim ou péssima” (Gonçalves, 2013, p. 135), o que influencia em uma grande perda de competitividades para todas as empresas. Tratando-se de um trabalho voltado ao agronegócio, essas condições influenciam diretamente no campo, onde “Todo produtor e agricultor estão, na sua grande maioria, ou totalidade, em lugares remotos de carregamentos e embarques, sem qualquer infraestrutura.” (Dias, 2016, p. 45).

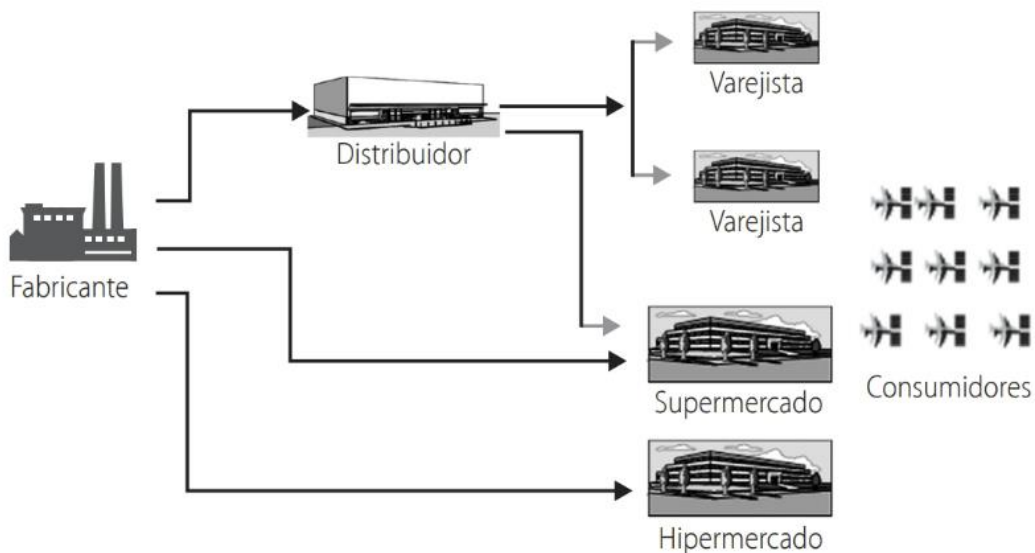
2.2 CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO

Centro de Distribuição (CD) é onde pode ser acondicionado itens de produtos acabados, antes de serem entregues aos consumidores finais. Quando gerenciado de maneira eficaz, maximizando a eficiência do espaço e reduzindo significativamente os custos dos itens para o cliente, eleva em grande escala sua competitividade quanto aos seus concorrentes (Nogueira, 2018).

Para o caso da empresa estudada, uma das maiores vantagens de incluir um novo Centro de Distribuição, é a de ter estocado os produtos em períodos de maior sazonalidade. Isso porque mesmo com as altas de pedidos durante algum período do ano, haverá estoque disponível para os clientes e os mesmos não ficarão desabastecidos. Por se tratar do segmento de fertilizantes, os maiores períodos de demanda seriam antes de iniciar o plantio de soja.

Em contrapartida, quanto mais intermediários no processo, considerando o novo Centro de Distribuição como uma nova etapa do Canal de Distribuição, maior a dificuldade para que as informações sejam repassadas. No esquema da Figura 3, apresenta de forma ampla, um exemplo de configuração dos Canais de Distribuição.

FIGURA 3 - CONFIGURAÇÃO DOS CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO.



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2013).

Como adaptação da imagem, o termo varejista se refere a canais de distribuição em que pode ser denominado como cooperativas, e a partir disso, eles fazem a revenda ao consumidor final.

2.3 PESQUISA OPERACIONAL

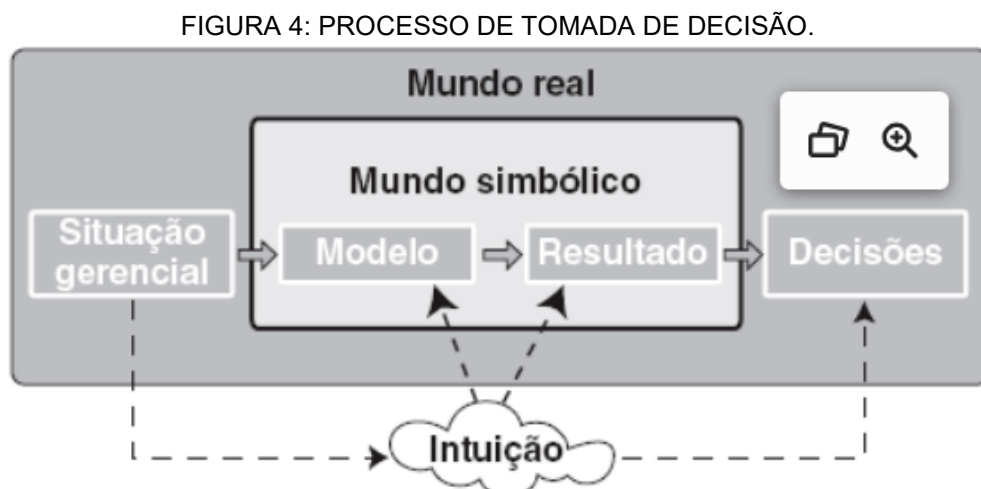
Pesquisa Operacional (PO) é a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana. De acordo com Hillier e Gerald (2013, p. 24), “PO aplicada a problemas que compreendem a condução e a coordenação das operações (isto é, as atividades) em uma organização”.

Leigus, Fenerich e Moraes (2009, p. 3) afirmam que “A Pesquisa Operacional é uma ciência que objetiva fornecer ferramentas quantitativas aos processos de tomada de decisão. Um estudo típico de PO agrega em sua teoria quatro ciências fundamentais: a economia, a matemática, a estatística e a computação”.

Há uma diversificação de problemas envolvendo a PO, pois ela abrange diversas áreas e cada uma delas pode envolver um processo totalmente individual, devido aos seus processos únicos e particulares.

Para tomar qualquer decisão, é necessário que haja uma análise de todo o cenário, visto que impacta todos que estiverem envolvidos na operação. O processo de modelagem é um fator determinante de um problema, pois a partir dele, determina-se qual o melhor caminho para se tomar uma decisão favorável a companhia e essa análise deve levar em consideração a intuição de seus gestores, bem como todas as fases durante o processo decisório. Lachtermacher (2016).

A Figura 4 esquematiza de que maneira um modelo pode contribuir para o processo de tomada de decisão.



Fonte: Adaptado de Lachtermacher (2016).

Portanto, é evidente que a integralização e a compreensão dos processos empresariais devem estar alinhadas, e todas as etapas e pontos relevantes devem ser cuidadosamente considerados antes de qualquer tomada de decisão ou formulação do problema.

2.4 LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÃO ÚNICA

Pode-se definir a estratégia de Instalação Única como uma busca por um único ponto, a partir de uma base de dados, contendo os valores de transporte e a demanda, para se implementar um Centro de Distribuição, com o menor custo possível (Ballou, 2006).

A estratégia de Instalação Única, aplica-se como uma abordagem mais matemática que conceitual, visto que foi o método adotado para encontrar a partir da tabulação de dados e validação do modelo em Excel.

De acordo com Ballou (2006), este modelo determinístico é de localização contínua, em que explora cada uma das escolhas de localização possível até encontrar a melhor solução.

Para direcionar os cálculos e a resolução da pesquisa, Ballou (2006) delineia o modelo de minimização do Custo Total de Transporte, o qual envolve a soma dos termos obtidos ao multiplicar o volume dos materiais transportados pelo custo unitário de transporte utilizado para o envio dos materiais, e então multiplicar esse resultado pela distância entre o ponto de origem e o ponto de destino, conforme representado na Equação (1).

$$\min TC = \sum_i V_i R_i d_i \quad (1)$$

Os parâmetros e variáveis do modelo são definidos da seguinte forma:

- TC (Custo Total do Transporte): representa o custo global do transporte.
- V_i (Volume do i -ésimo Material): denota o volume do material transportado em um segmento definido pela distância d_i .
- R_i (Taxa de Transporte Unitário por volume para o i -ésimo material): indica a taxa de transporte unitário para o i -ésimo material por unidade de trecho a ser percorrido e definido pela distância d_i .

- d_i (i -ésima Distância): corresponde à distância entre uma fábrica ou cliente e o ponto geográfico da instalação do Centro de Distribuição a ser localizado.

Para o escopo deste trabalho em particular, a estimativa da distância d_i até o ponto (Lat ; Lon) da instalação a ser localizada é obtida por meio das coordenadas geográficas, especificamente Latitude e Longitude. Sendo assim, considera-se d_i como sendo a distância euclidiana entre dois pontos na superfície do Globo Terrestre conforme a Equação (2).

$$d_i = \frac{\pi}{180} R_{Terra} \sqrt{(Lat - X_i)^2 + (Lon - Y_i)^2} \quad (2)$$

Os parâmetros e variáveis da Equação (2) são definidos da seguinte forma:

- R_{Terra} (Raio da Terra): representa o Raio da superfície do Globo Terrestre.
- Lat (Latitude da Localização do Centro de Distribuição): denota a coordenada geográfica Latitude expressa em Graus.
- Lon (Longitude da Localização do Centro de Distribuição): denota a coordenada geográfica Longitude expressa em Graus.
- π (número Pi): denota o valor numérico da proporção definida pela relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro.
- X_i (i -ésima coordenada de Latitude): é definido como a coordenada de Latitude (em Graus) para localização da i -ésima fábrica ou cliente.
- Y_i (i -ésima coordenada de Longitude): é definido como a coordenada de Longitude (em Graus) para localização da i -ésima fábrica ou cliente.

De acordo com Ballou (2006), de maneira análoga aos cálculos do Centróide (que é o ponto com uma distribuição homogênea de volume ao seu redor) e do Baricentro (que é o ponto com uma distribuição homogênea de massa ao seu redor), a solução ideal para minimizar o Custo Total de Transporte envolve posicionar a nova instalação no ponto geográfico onde se obtém uma distribuição mais ou menos homogênea dos custos de transporte para o material embarcado em torno da instalação a ser localizada.

Tem-se assim, segundo Ballou (2006), que para definição da Latitude da nova instalação, a solução é obtida conforme a Equação (3).

$$Lat = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (3)$$

E para Longitude, segue a mesma lógica conforme definido pela Equação (4):

$$Lon = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i} \quad (4)$$

Com isso, será possível encontrar o ponto de coordenada geográfica que ficará disposto o Centro de Distribuição, com o menor custo para empresa, levando em consideração os volumes demandados de cada região.

Entretanto, vale ressaltar, que a solução apresentada por Ballou (2006), na realidade minimiza a soma dos quadrados dos Custos de Transporte ao redor da nova instalação, conforme a Equação (5) e sua Equação equivalente (6).

$$\min_{d_i} f(d_i) = \sum_i (V_i R_i d_i)^2 \quad (5)$$

$$\min_{Lat, Lon} f(Lat, Lon) = \sum_i \left(V_i R_i \frac{\pi}{180} R_{Terra} \right)^2 [(Lat - X_i)^2 + (Lon - Y_i)^2] \quad (6)$$

Observe que a Equação (6) é obtida substituindo a variável d_i da Equação (5) pela expressão apresentada na Equação (2).

De fato, a solução ótima para Equação (6) pode ser obtida igualando o valor zero ao gradiente da função $f(Lat; Lon)$ em relação as coordenadas geográficas, conforme a equação (7). Desta forma, isolando-se as variáveis de Lat e Lon na Equação (7), elimina-se os parâmetros $\pi/180$ e R_{terra} , obtendo-se assim a solução ótima apresentada nas Equações (3) e (4).

$$\nabla_{Lat, Lon} f(Lat, Lon) = 0 \quad (7)$$

Logicamente, dentro do contexto matemático, a expressão definida pela Equação (1) não pode ser igualada ao modelo expresso pela Equação (6), mas em

termos práticos, a diferença entre as soluções ótimas proporcionadas por ambas pode ser considerada irrelevante devido os seguintes argumentos:

- Os modelos são representações simplificadas da realidade e, portanto, não consideram a complexidade do Globo Terrestre. Eles não levam em conta que a Terra não possui a forma perfeita de uma esfera, e, adicionalmente, ignoram a variação do raio terrestre em diferentes partes do planeta, uma vez que esse parâmetro varia de acordo com o relevo presente em cada região da Terra. Em resumo, os modelos tratam a Terra como uma esfera idealizada, enquanto na realidade, ela é muito mais complexa e irregular em sua forma e tamanho;
- O transporte de materiais não segue um trajeto direto em uma linha reta dentro de uma distância euclidiana, como sugere a Equação (2). Em vez disso, ele ocorre ao longo de estradas, rodovias e vias urbanas. Essas vias apresentam trajetos sinuosos que contornam obstáculos naturais e construções humanas. Isso significa que, na realidade, os materiais precisam seguir uma rota mais complexa e adaptada às condições do ambiente, em vez de seguir um caminho retilíneo idealizado.

Devido às simplificações presentes nos modelos matemáticos (representados por (1) e (6)), as soluções ótimas que eles oferecem são valiosas diretrizes para orientar o tomador de decisão na busca pela melhor localização para um Centro de Distribuição. No entanto, é importante destacar que as coordenadas geográficas fornecidas pelas Equações (3) e (4) podem não ser a posição exata da futura instalação, pois essa localização idealizada pode ser impraticável na realidade. Por exemplo, poderia estar localizada em meio a um rio, em propriedade privada, ou em outros locais inviáveis.

Em geral, com base na solução ótima indicada pelo modelo, o tomador de decisão geralmente escolhe uma localização próxima à coordenada calculada que permita fácil acesso a vias, como estradas e rodovias. Isso garante que a nova instalação seja convenientemente conectada à infraestrutura de transporte, facilitando o fluxo de materiais e a distribuição de produtos, ao mesmo tempo em que leva em consideração as limitações práticas do terreno e da propriedade.

Um argumento significativo em favor da utilização da solução proposta por Ballou (2006), que fornece as coordenadas geográficas para a localização do Centro de Distribuição por meio das Equações (3) e (4), reside na sua notável simplicidade matemática. Isso significa que essa abordagem evita a necessidade de recorrer a métodos mais complexos, como algoritmos especializados para resolver problemas de Programação Não Linear.

Em outras palavras, a solução de Ballou é eficaz e direta, oferecendo uma alternativa mais acessível e menos complicada para a determinação da localização ideal do Centro de Distribuição, o que a torna atraente para muitos tomadores de decisão.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A REVISÃO

Neste capítulo foram abordadas alguns dos principais conceitos e ferramentas que foram imprescindíveis para que o desenvolvimento deste trabalho ocorresse da maneira esperada.

Inicialmente, foram apresentados os principais conceitos relacionados a logística, em que sua principal atividade está diretamente ligada a parte de movimentações de materiais e ainda para obter mais êxito, deve estar integrada com todos os demais setores em uma empresa.

Após o produto ser finalizado, ele seguirá para estocagem no novo Centro de Distribuição, este definido um espaço físico próprio para armazenar os itens acabados, e que será o local ideal para que sejam entregues ao cliente final dentro do prazo e com qualidade.

A Pesquisa Operacional é muito abrangente para resolução de diversos problemas complexos, suas análises servem de apoio para que as tomadas de decisões sejam assertivas e resultem em melhorias nos processos maximizando-os e diminuindo seus custos.

Fica evidente que o método de Instalação Única é vasto de oportunidades a vários setores que possuam o mesmo objetivo de minimização de custos, também o ajuste de informações que são apresentadas no decorrer do trabalho, mais especificamente no Capítulo de 3.3.2 Coleta, tabulação e análise de dados.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

Este capítulo aborda a metodologia e a definição do método que foi aplicado para atingir as ações propostas, bem como a classificação da pesquisa, caracterização e as fases que serão desenvolvidas.

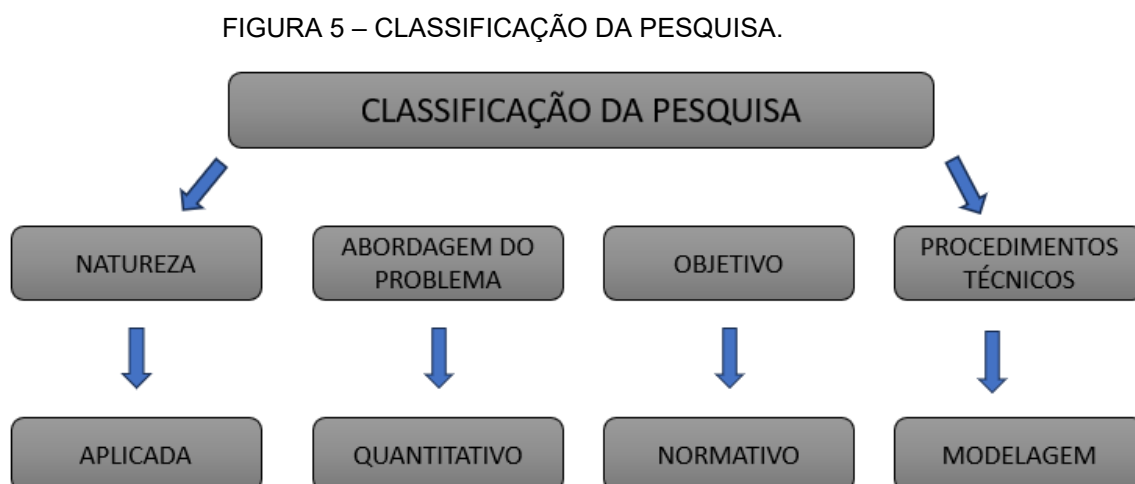
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente monografia se enquadra como uma pesquisa de natureza aplicada, pois os conhecimentos práticos gerados poderão ser usados em problemas específicos (Silva; Menezes, 2005).

Quanto à abordagem do problema, ele foi classificado como quantitativo, visto que há cálculos que precisam de análises e técnicas estatísticas a fim de determinar o melhor ponto para alocar o novo Centro de Distribuição.

Em relação aos objetivos, de acordo com Gil (1991), possui caráter normativo, pois sugere uma nova estratégia ou política à empresa. Os procedimentos técnicos desta pesquisa adequam-se a uma modelagem, visto que compreende um estudo árduo e permitindo seu amplo entendimento.

A Figura 5 mostra um esquema referente aos modelos apresentados acima.



Fonte: Autora (2023).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA

A empresa é do segmento de fertilizantes, não foi citada seu nome e seus dados foram mascarados. O processo da empresa, ao qual se refere o objetivo da pesquisa, é caracterizado por altas demandas em períodos em que a sazonalidade é favorável para as vendas, sendo assim, os preços de fretes se encarecem e ocorre falta de produtos prontos por conta do gargalo na hora da produção. Abaixo na Figura 6, apresenta brevemente o fluxo da empresa.

FIGURA 6 – FLUXO DA EMPRESA.



Fonte: Autora (2023).

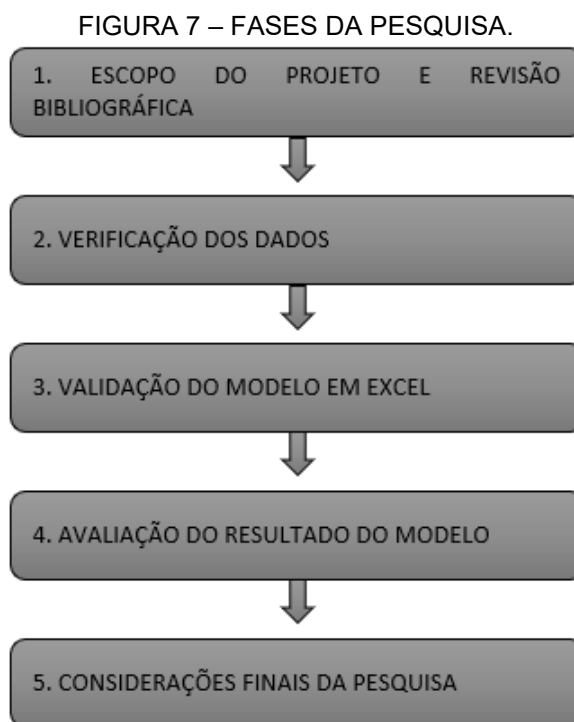
A Figura 6 representa o ciclo sem muitos detalhamentos da operação interna, para que seja compreendido onde se localiza o futuro CD da empresa atual, onde serão estocados os itens para então serem entregues efetivamente aos clientes.

De início, é apresentado o fornecedor de matérias primas e logo após, a logística de suprimentos, onde essas matérias primas são destinadas à fábrica para serem processadas. Há o que pode ser chamado de logística de produção, onde engloba o processo de movimentações internas do material, armazenamento interno e então a mistura para que o produto vire fertilizante de fato. Após este procedimento, o produto acabado é despachado, o que se chama de logística de distribuição e o destino é para o Centro de Distribuição ou até mesmo diretamente ao cliente final, dependendo do que for mais viável no momento da entrega.

3.3 FASES DA PESQUISA

3.3.1 Planejamento da pesquisa

Para concluir o objetivo citado nos capítulos anteriores, foi estruturado as etapas do projeto e descrito como foi cada uma delas. A Figura 7 auxiliará o entendimento da estrutura proposta que foi dividida em 5 etapas.



Fonte: Autora (2023).

Cada uma das etapas apresentadas na Figura 7, será detalhada a seguir:

1. Foi realizado buscas em acervos, para encontrar artigos, livros, teses e sites relacionadas ao tema escolhido, para o embasamento teórico, a fim de descrever quais seriam os objetivos e justificativa do trabalho que compõem seu escopo. Ainda nessa primeira fase de pesquisa sobre o tema, foi estruturada e desenvolvida a revisão bibliográfica.
2. Para a verificação dos dados, referente a segunda fase da pesquisa, foi realizado um filtro em uma base de dados, fornecidas pela empresa, onde permaneceu apenas os campos relevantes para os cálculos que foram realizados, como quantidade da demanda, valor dos fretes, período no ano

que a demanda é maior e os pontos de coordenadas geográficas de latitude e longitude, referente a cada cidade que se encontra no recorte.

3. A validação do modelo em Excel aconteceu com o auxílio do modelo de estratégia de localização de instalação única. Este modelo de abordagem matemática permite que, a partir dos dados verificados e devidamente tratados, apresente a solução ótima, viabilizando a melhor tomada de decisão em relação à escolha da posição do novo Centro de Distribuição.
4. Após a validação, foi realizado uma avaliação sobre o resultado apresentado no modelo, a fim de verificar se a solução encontrada condiz com a realidade da empresa.
5. Para as considerações finais da pesquisa, foram descritos os principais resultados realizados na validação e se foi atingido o objetivo proposto do presente trabalho.

3.3.2 Coleta, tabulação e análise dos dados

Para o tratamento dos dados, foram importados os dados no período caracterizado em um trimestre, onde as vendas são mais significantes para a empresa, denominado como espaço de três meses do ano, junho, julho e agosto. O print com uma parte visual do formato dos dados para seguir com a validação do modelo são apresentados na Figura 8.

- Coordenadas geográficas – Latitude e Longitude
- Cidade
- Estado
- Quantidade
- Produto
- Data
- Transportadora
- Cliente
- Frete

FIGURA 8 – BASE DE DADOS DO EXCEL.

Latitude	Longitude	Pais_Estado_Cidade	ESTADO	QUANTIDADE	PRODUTO	DATA	TRANSPORTADORA	CLIENTE	Frete
-23,8726	-53,8968	Altônia	PR	36	P.1	Julho	RO.	C.C.A.	R\$ 229

Fonte: Autora (2023).

A partir disso, ocorreu o tratamento desses dados por meio de cálculos usando as fórmulas apresentadas no Capítulo 2.4 definido como Localização de instalação única. Os dados foram todos mascarados para que nenhum dado da empresa fosse divulgado e isso não modificou o resultado.

Após a realização dos cálculos, o resultado foi em formato de coordenadas geográficas e disposto no *Google Maps*, para encontrar a nova localização do Centro de Distribuição. As análises ocorrerem de acordo com o cenário da empresa, para verificar se a posição fica em um local viável para a implementação do CD ou se será alocado a partir deste ponto, algum lugar próximo a outros pontos por questões de praticidade, como local para fazer refeições, abastecimento dos veículos etc.

Como nestas novas restrições não há como avaliar por demanda e preço de frete, fica a critério da empresa verificar essas novas possibilidades e tudo que deve ser considerado. A análise atual se limita a verificar apenas as questões de quantidade x frete, qual será o ponto ideal, de acordo com a base de dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados dos cálculos e análises pertinentes. Para melhor compreensão, este capítulo foi estruturado em 2 seções, sendo: Verificação dos Dados e Validação do Modelo em Excel.

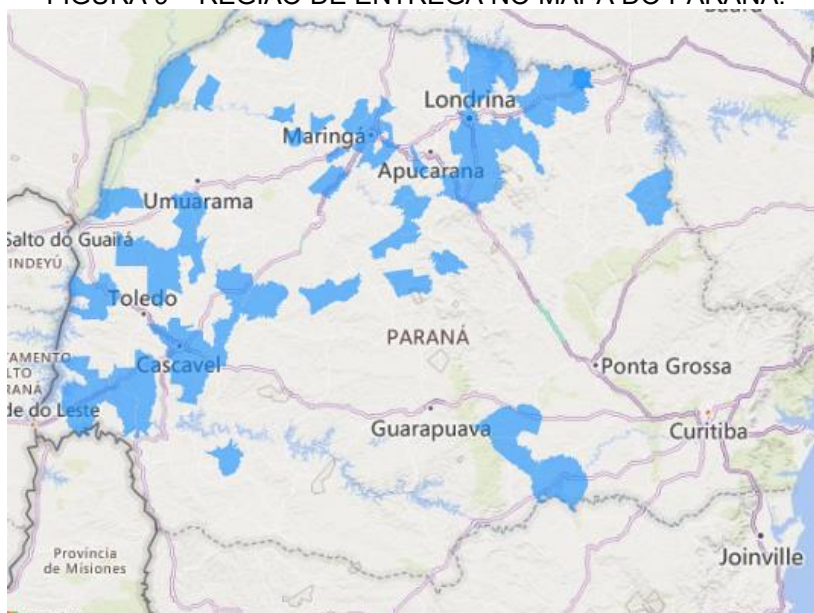
4.1 Verificação dos Dados

Com base nos objetivos específicos e literatura apresentada, a análise e filtro da base de dados foi adequada para o método de instalação única por obter o melhor ponto de distribuição, em que os custos e quantidades demandadas são os principais influenciadores do resultado.

O Excel, foi utilizado por sua facilidade de acesso a demais pessoas do grupo empresarial e de discentes e, conseqüentemente, após a validação do modelo, foi obtido o resultado esperado. Através das cidades dessa base de dados, o Excel auxiliou a definição de todos os pontos de coordenadas em que são entregues os fertilizantes.

Na Figura 9, segue onde os pontos de coordenadas encontrados ficaram distribuídos no mapa, das cidades no Paraná. Deve ser levado em consideração apenas a marcação do perímetro do estado, e as marcações em azul, que representa a região das cidades de maiores entregas na região para a análise.

FIGURA 9 – REGIÃO DE ENTREGA NO MAPA DO PARANÁ.



FONTE: Autora (2023).

É possível também verificar na Tabela 1 a quantidade de entrega por clientes, que demonstra quais são os principais e a sua importância de poder de compra no estado, visto que se baseia em um cenário real.

TABELA 1 – CLIENTE POR QUANTIDADE.

CLIENTE	QUANTIDADE
B.G.&C.L	2866
I.C.A	1222
L.C.A	956
K.C.E.R.D.P.A.L	833
C.V.C.D.P.A.L	602
P.R.C.D.P.A.L	484
C.C.A	431
C.C.A.E.I	319
C.C.I.E.R.L	267
A.H.I	259
C.C.A.M.D.N.P	256
C.A.M.D.A	225
C.C.A.C	168
M.A.E	149
A.M.K.L	116
A.R.N.V.L	88
A.B.L	70
D.P.D.P.A.S/A	69
A.S.L	52
C.A.G.L	51
C.A.L	50
G&C.L	50
D.D.D.I.A.S.A.L	37
A.C.O.E	32
M.A.D.P	32
T.Q	30
A.N.T.L	27

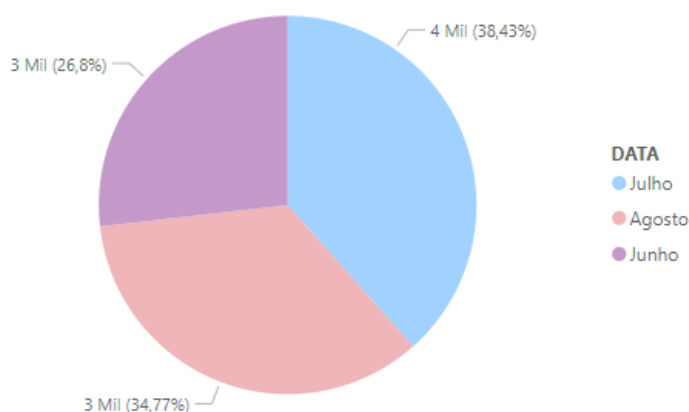
FONTE: Autora (2023).

Conforme foi mencionado, o cenário foi representado por 1 trimestre, dos meses de junho, julho e agosto. Na Figura 10 é apresentado a quantidade demandada em cada um desses meses.

Pode-se perceber que o mês de julho, é onde há a maior concentração de pedidos, isso porque antecede o início do plantio da safra de soja e a maioria dos clientes implantam seus pedidos de uma só vez, que se acumulam, gerando um gargalo na produção, criando uma fila de pedidos que vai sendo atendidos de acordo com a data de implantação no sistema.

Este gargalo na produção é um dos influenciadores para que haja a necessidade de implementação de um local para que os produtos de maior demanda sejam produzidos antecipadamente e estocados, e de forma estrategicamente viável a entregar o mais rápido possível.

FIGURA 10 – QUANTIDADE DEMANDADA POR MÊS.



FONTE: Autora (2023).

Os fretes de cada entrega são negociados e definidos a uma transportadora que deu como valor final, seu melhor preço, em que consiga transportar o fertilizante com segurança e entregar ao cliente da melhor forma. Todos os fretes são comparados e o menor é o ganhador para que a entrega seja realizada após a definição das datas do setor de PCP – Planejamento e Controle de Produção.

O PCP recebe os pedidos, organiza-os de acordo com o sequenciamento de fórmulas para que a produção faça a maior quantidade possível em um único dia, já que os pedidos são produzidos em cima dos veículos.

Caso os pedidos sejam implementados como urgência e o período de contratação seja mais curto, a Logística de contratar os veículos é prejudicada, visto que os veículos disponíveis imediatamente têm seus fretes encarecidos e muitas vezes não há nenhum disponível quando é necessário.

FIGURA 11 –QUANTIDADE POR TRANSPORTADORA.



FONTE: Autora (2023).

Pode-se notar que há três transportadoras que são as principais, sendo que quando há um aumento significativo da demanda, não há veículos o suficiente para atender de uma só vez a necessidade da fábrica.

Por fim, após a verificação dos dados que se encontram de acordo com o esperado, sendo possível fazer uma análise dinâmica, foram realizados cálculos que seguem.

4.2 Validação do Modelo em Excel

Para iniciar os cálculos e a validação do modelo, a partir da base dados ajustados, foi apresentado um print apenas com as informações de formatação de como deve ser os dados no Excel.

FIGURA 12: CONFIGURAÇÃO DA PLANILHA EM EXCEL.

CIDADE		Latitude (Lat)	Longitude (Long)	Distância	Frete	Taxa (Ri)	Volume (Vi)	LatxRixVi	LonxRixVi	RixVi
☐ Mandaguari	☐ Paraná	-23,5225	-51,6788	0	R\$ 57,14	1,7696	2152	-89578,06814	-196802,4512	R\$ 3.808,19
☐ Altônia	☐ Paraná	-23,8739	-53,9019	250,552	R\$ 228,55	0,9122	36	-783,9969745	-1770,091231	R\$ 32,84
☐ Assaí	☐ Paraná	-23,3728	-50,8408	94,7516	R\$ 171,41	1,80909	36	-1522,207437	-3311,129527	R\$ 65,13
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
☐ Engenheiro Beltrão	☐ Paraná	-23,7969	-52,2689	72,4494	R\$ 266,64	3,68043	33	-2890,235292	-6348,268271	R\$ 121,45
☐ Entre Rios do Oeste	☐ Paraná	-24,7039	-54,2339	313,362	R\$ 276,17	0,88131	50	-1088,584456	-2389,832981	R\$ 44,07

FONTE: Autora (2023).

Dos cálculos que foram realizados, encontra-se abaixo um esquema:

- a. Foi obtido a latitude e longitude através do Excel de cada cidade.
- b. A distância foi calculada pela Equação (2).
- c. O frete foi obtido através da base de dados da empresa.
- d. A taxa de transporte R_i foi obtida pela divisão do frete pela distância e logo após, realizado a média desses resultados obtidos.
- e. Sobre o volume V_i , foi obtido pela base de dados da empresa e considerado em toneladas e depois feito a sua soma.
- f. O custo mínimo foi encontrado pela Equação (1).
- g. Para encontrar a latitude final foi feito o uso da Equação (3).
- h. Para encontrar a longitude final foi feito o uso da Equação (4).

A partir disto, o ponto final de coordenada geográfica para abrir o novo Centro de Distribuição, levando em consideração os valores de fretes e demanda, encontra-se na Tabela 2.

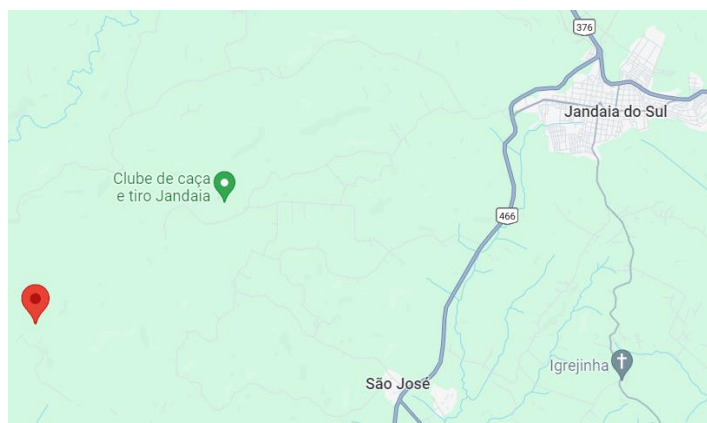
TABELA 2 – COORDENADA GEOGRÁFICA.

LATITUDE	LONGITUDE
-23,6454	-51,7759

FONTE: Autora (2023).

Com o auxílio do *Google Maps*, foi possível determinar que o novo Centro de Distribuição deve ser construído entre as cidades de Jandaia do Sul – PR e São José – PR a fim de otimizar os custos de frete da empresa.

FIGURA 13 – LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO.



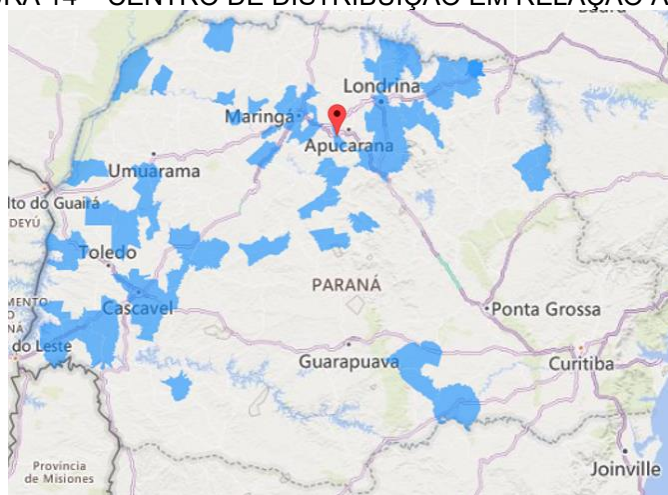
FONTE: Autora (2023).

Para esta localização em específico, ficou disposto de acordo com os volumes de entrega em cada região e valores de frete, que são de extrema importância para realização da análise e confiabilidade do resultado.

A localização encontrada tem que passar por uma nova análise antes da abertura do novo CD, visto que se trata de um modelo que considera um cenário ótimo. Há a possibilidade do ponto encontrado estar em um rio, em cima de uma rodovia ou estrada, por exemplo e isso seria financeiramente inviável de realizar.

Abaixo segue a apresentação da coordenada geográfica no mapa do Paraná, a fim de verificar o quão centralizado está em relação a suas entregas.

FIGURA 14 – CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO EM RELAÇÃO ÀS ENTREGAS.



FONTE: Autora (2023).

Conforme a Figura 14, pode-se perceber que o Centro de Distribuição se encontra centralizado, onde consegue atender todos os clientes da maneira mais eficaz possível no período de safra, principalmente quando a demanda aumenta.

Os volumes para serem armazenados poderão ter o seu frete reduzido, visto que é possível um acordo com as transportadoras de deixar um preço fixo para que ela sempre tenha estas cargas garantidas, até preencher a capacidade do armazém. Para que isso ocorra, o ideal é que os pedidos sejam implantados no sistema o quanto antes, para que haja um planejamento e organização dos mesmos e haja tempo de estocar os mais demandados.

Portanto, o resultado obtido está de acordo com o que era esperado para o trabalho e dentro da realidade da empresa, podendo ser realizado em outros estados, caso seja necessário e que apresentem a mesma configuração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de Localização de Instalação Única contribui significativamente para empresas que desejam abrir um centro novo de distribuição, desde que haja as informações citadas na pesquisa, que foram descritas e devidamente tratadas na fase de verificação de dados.

Foi possível atingir o objetivo proposto inicialmente no trabalho, a localização foi encontrada entre a cidade de Jandaia do Sul e do distrito de São José, sendo necessário verificar o local exato, devido ao modelo ser uma simplificação da realidade.

A indicação de um novo ponto de distribuição, contribui para que a empresa se destaque diante de seus concorrentes, através da redução de custos significativos por conta do poder de negociação de fretes com antecedência junto às transportadoras, que tenham produtos disponíveis em períodos de maiores vendas, aumentando assim, seu nível de competitividade no mercado.

Diante disso, pode-se considerar que o Centro de Distribuição, dentro do contexto atual da empresa, poderá contribuir para que ela alcance um dos principais objetivos, desde que haja comunicação entre todos os setores, a informação é essencial para que negócio em qualquer área, prospere.

Por fim, como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se que haja um estudo de caso a partir dessa pesquisa normativa, isso trará mais entendimento quanto ao método utilizado e uma visão mais ampla do contexto desse segmento de mercado.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Grupo A, 2006. *E-book*. ISBN 9788560031467. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788560031467/>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- DIAS, Marco A. **Introdução à Logística - Fundamentos, Práticas e Integração**. Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788597009927. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597009927/>. Acesso em: 04 fev. 2023.
- GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Grupo GEN, 2022. *E-book*. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- GONÇALVES, Paulo S. **Logística e Cadeia de Suprimentos: O Essencial**. Editora Manole, 2013. *E-book*. ISBN 9788520448915. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520448915/>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à pesquisa operacional**. Grupo A, 2013. *E-book*. ISBN 9788580551198. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580551198/>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões, 5ª edição**. Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788521630494. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521630494/>. Acesso em: 19 mar. 2023.
- LEIGUS, Alisson; FENERICH, Amanda Trojan; MORAIS, Márcia de Fátima. **Aplicações da Pesquisa Operacional**. III Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial – Campo Mourão, PR, Brasil – 04 a 06 de Novembro de 2009.
- LOUZADA, Paula. Logística. FM2S Educação e Consultoria. Campinas, 17 de ago. 2019. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/o-que-e-logistica-como-funciona-quais-os-tipos>. Acesso em: 02 mar. 2023.
- NOGUEIRA, Amarildo de S. **Logística Empresarial, 2ª edição**. Grupo GEN, 2018. *E-book*. ISBN 9788597015553. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015553/>. Acesso em: 15 out. 2023.
- SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Departamento de Ciência da Informação, 4 Ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

TURRIONI, J. B. e MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2012.