

# FORMULAÇÃO DE MODELO PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE FILIAL: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO NAVAL<sup>1</sup>

Sara Rosa Pereira<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo tem como objetivo encontrar a localização ótima para abertura de filial de uma empresa do ramo naval, a partir de um processo de modelagem no âmbito da pesquisa operacional. Estar estrategicamente localizada é essencial para o desenvolvimento de uma organização Ballou (2006). A empresa, foco do estudo de caso, necessita da análise em relação a abertura de uma nova filial e ou realocação da existente, pois, um grande gargalo financeiro, dentro da empresa, é o custo logístico com transporte, afetando 39% dos custos totais. Para tal, foram utilizados os cinco passos sugeridos pelo autor Maçães (2014). Ao longo da fundamentação teórica foram apresentados esses cinco passos. O primeiro e segundo passos são definir os objetivos da localização e seus critérios de decisão, respectivamente. Nessa etapa foram selecionadas cidades potenciais para a instalação das sedes. O terceiro passo foi realizar um levantamento de dados e uma análise dos mesmos. Posteriormente, utilizou-se da pesquisa operacional por meio da programação linear, modelando o cenário real para um problema de transportes. O quinto e último passo é a decisão fundamentada nas análises realizadas nos passos anteriores. O método foi aplicado junto a uma série de combinações entre as cidades potenciais. Com os modelos executados, observou-se redução significativa de gastos com custos logísticos, se aplicados a duas sedes sistematicamente localizadas. A empresa, por fim, optou em seguir com o planejamento das duas sedes recomendadas pelo artigo. Assim, não apenas reduziu os custos, como teve um aumento no faturamento devido à agilidade do atendimento ao cliente melhorando o nível de serviço.

**Palavras-chave:** Localização ideal. Pesquisa Operacional. Custo com transporte.

## ABSTRACT

This article aims to find an optimal location for opening a branch of a naval company, based on a modeling process in the scope of operational research. Being strategically located is essential for the development of an organization Ballou (2006). The company, the focus of the case study, needs analysis in relation to the opening of a new branch and or reallocation of the existing one, since a major economic bottleneck within the company is the logistical cost of transportation, affecting 39% of the total costs. For this, the five steps suggested by the author Maçães (2014) were used. Throughout the theoretical foundation were these five steps. The first and second steps are to define the objectives of the location and its decision criteria, respectively. In this stage, potential potentials for the installation of

---

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para titulação no Curso de Graduação lato sensu em Ciências e Tecnologia, Centro Tecnológico de Joinville (CTJ), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob orientação da Dra Christiane Wenck Nogueira Fernandes.

<sup>2</sup> Graduanda como Bacharel em Ciências e Tecnologia E-mail sararosap@gmail.com

seeds were selected. The third step was to conduct a data survey and an analysis of it. Subsequently, operational research was used through linear programming, modeling the real scenario for a transport problem. The fifth and final step is a fundamental decision in the analysis carried out in the previous steps. The method was applied to a series of models among potentials. With the models obtained, observing a reduction in expenses with logistical costs, two systematically required locations are known. Finally, the company chose to proceed with the planning of the two headquarters. Evidencing, thus, not only saving in expenses, but increasing revenues due to better service level.

**Keywords:** Optimal location. Operational research. Logistical Cost

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Andrade (2009) em seu livro: *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões*, um dos grandes desafios que as empresas enfrentam atualmente é o de se manterem competitivas à medida que as condições do ambiente de negócio mudam e se tornam mais complexas. Para destacar-se no mercado Brasileiro de alta competitividade, toda tomada de decisão de um negócio deve ser bem estudada, minimizando erros, desperdícios de tempo e reduzindo os custos.

A chave para o sucesso de um empreendimento está associada ao engajamento de toda a cadeia produtiva. Ao posicionar a empresa em uma localização geográfica estratégica obtêm-se vantagens no mercado. A busca por essa localização pode resultar em visibilidade da empresa, praticidade aos trabalhadores, proximidade de fornecedores e clientes e principalmente baixo custo operacional, deixando assim o produto ou serviço mais barato e aumentando a competitividade (BALLOU, 2006).

Neste trabalho, realizou um estudo de caso em uma empresa que está no seguimento de projetos e regularizações navais e pretende abrir uma filial e/ou trocar a localização da sede atual a fim de reduzir os custos operacionais e atender os clientes com maior rapidez. O empreendimento em questão atua em uma vasta região de atendimento onde seus engenheiros vistoriam e visitam embarcações desde o extremo sul do Brasil, como Pelotas e Porto Alegre, até o litoral de São Paulo, como Santos. Recentemente a empresa expandiu e seu serviço está sendo solicitado em regiões fora do litoral, como no Oeste do Paraná e também no estado do Mato Grosso do Sul. Dentre os desafios diários da organização, destacam-se os custos logísticos de transportes, onde predomina a utilização do modal rodoviário, representando em média 39% dos custos da empresa.

Um campo de estudos utilizado para avaliar soluções ideais é a pesquisa operacional que está fundamentada em métodos científicos para tratar seus problemas, como a manipulação de técnicas de modelagens matemáticas. O método consiste em detectar a situação ou problema, formular um modelo quantitativo, resolver o mesmo encontrando a melhor solução, considerar os fatores imponderáveis e implementar os resultados (MOREIRA, 2010).

Em vista disso, esse trabalho de conclusão de curso tem como objetivo o desenvolvimento de uma solução com base em um modelo de pesquisa operacional simples para definir a localização geográfica estratégica de nova filial de um empreendimento, visando a redução de custos com transportes.

Para resolução deste objetivo, formulou-se um modelo quantitativo da problemática sendo ela a localização das sedes da empresa. Também foi preciso analisar a aplicabilidade da solução gerada, empregando critérios para avaliação e, por fim, decidir a localização geográfica da nova filial da empresa ou realocação da sede.

Na próxima seção é apresentado a problemática da empresa. Após, na fundamentação teórica é abordado o campo da pesquisa operacional, especificando os passos para implantação empresarial sugeridos por Maçães (2014). Ainda na fundamentação teórica é apresentado conceito de programação linear, seguindo do problema de transportes. Posteriormente a fundamentação teórica, foram descritas as aplicações dos cinco passos. Por meio dos dados levantados, foi realizada a análise e modelagem matemática. Por fim, são apresentadas conclusões, seguidas das considerações finais deste estudo.

## 1.1 Problemática

O empreendimento, objeto de análise deste estudo, foi fundado em 2018 com o objetivo de absorver as demandas de projetos e documentos técnicos no setor de Engenharia Naval na região sul do país. Durante o início das operações da empresa, percebeu-se a importância do deslocamento do técnico responsável para visitar as embarcações, uma vez que é indispensável a vistoria presencial devido a característica do serviço.

Quando há deslocamento existem despesas envolvidas, como: combustível, manutenção do carro, alimentação e hospedagem. Estas despesas são custos diretos e representam 39% dos custos totais da empresa. Além disso, existem os custos indiretos, como tempo despendido e desvalorização do veículo utilizado. Outro fator indireto é a exposição do técnico aos riscos envolvidos no deslocamento. Uma vez que a empresa busca atender seus clientes por um valor mais acessível, torna-se necessário reduzir os custos internos.

Migliorini (2012) dividiu os custos de empresas prestadoras de serviços (EPS) em três setores: custo do material aplicado nos serviços; custo da mão de obra aplicada; e, custos indiretos aplicados ao serviço. Para a empresa em questão o custo com materiais é quase igual a zero por ser serviços de engenharia, não há necessidade de compra, ou utilização de materiais ou utensílios. Por outro lado, o valor da mão de obra, essa mais específica, é de alto valor em proporção da empresa, pois a empresa estudada tem apenas dois anos e seu faturamento está em fase de crescimento. Para o autor, os custos gerados pelo transporte estariam classificados como indiretos. Porém, como mencionado anteriormente, os custos atrelados ao transporte representam grande parte dos custos gerais da empresa, logo, deixariam de ser custos indiretos pela influência que exercem.

As despesas com transportes e viagens são a maior fatia de custos que a empresa gera. Os demais são custos fixos atrelados a burocracias, impostos, Crea, aluguel, água, energia elétrica, internet e etc. Por se tratar de custos de redução restritos. Em vista disso, a redução de custos em transportes é uma forma mais viável e passível de ser implementada.

Conforme os detalhes observados anteriormente, passa a ser de grande importância a necessidade em escolher uma sede onde haja minimização de custos atrelados ao deslocamento do técnico. Em março de 2019, um segundo técnico se

juntou à equipe trazendo a possibilidade de dividir responsabilidades e consequentemente dividir em duas sedes o empreendimento, cada uma em regiões economicamente interessantes para a empresa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Programação Linear e pesquisa operacional

Segundo Heizer e Render (1990 *apud* Casarotto, 2002 p.141),

Uma das mais importantes decisões de longo prazo sobre custos e receitas de uma empresa é sobre onde localizar a suas operações. Custos de transportes podem alcançar até 25% do preço de venda do produto. Uma boa escolha de localização pode reduzir os custos totais em até 10%.

Casarotto (2002), após essa citação, considera que a escolha da localização pode gerar ou lucro ou prejuízo, caso o índice de lucratividade represente em média 10%. Contudo, a escolha da localização, para o autor, não é uma decisão que deve ser tomada como critério único, dependerá da estratégia de comercialização e de produção. Sendo o estudo mais amplo do que uma simples determinação de local.

Para satisfazer a demanda da empresa deste estudo de caso foi preciso olhar para uma macrorregião, devido à grande região de atendimento, representado pela Figura 3 na seção 3.4.2. Para Casarotto (2002) deve-se levar em consideração estratégias funcionais e globais do negócio. O método de planejamento estratégico sugerido pelo autor inicia com estudo da localização mais evidente, com base em informações sobre fatores de distribuição e produção e estrutura dos custos. Posteriormente, é realizada a análise detalhada por meio de um método quantitativo, técnicas de cenários e de decisão, que levam a escolha da localização.

De forma análoga, para Maçaes (2014), decidir a localização de um empreendimento é um ponto crucial para a gestão estratégica, pois, obrigam as organizações a compatibilizar critérios financeiros, empregatícios e de distribuição. Além desses critérios, foi necessário considerar a disponibilidade de gestores locais e técnicos para otimizarem as instalações. O autor ainda ressalta os principais passos para definir a localização de uma unidade de produção são:

1. Traçar os objetivos da localização e suas limitações.
2. Determinar os critérios de decisão.
3. Relacionar os critérios de decisão com os objetivos, utilizando modelos compatíveis, como os de programação linear.
4. Gerar dados pertinentes para a utilização dos modelos por meio de pesquisa de campo, a fim de analisar as alternativas
5. Por fim, eleger a localização ótima, que melhor satisfaça os objetivos iniciais.

Esses cinco passos foram adotados neste estudo como instrumento metodológico para definir a localização ótima da empresa considerada no estudo. Entretanto, no passo número três foi necessário elaborar um modelo para analisar as alternativas de locais em potenciais. Em vista disso, o campo de estudo em programação linear voltado à pesquisa operacional é aprofundado.

O conceito de Pesquisa Operacional (PO) é para Silva (1998): um método científico de tomada de decisões, o qual consiste na descrição de um sistema organizado com auxílio de um modelo, e com o experimento do mesmo, para a

descoberta da melhor maneira de operar um sistema. A PO originou-se durante a segunda guerra mundial, onde uma equipe interdisciplinar de cientistas na tentativa de resolver problemas militares, de ordem estratégica e tática, conceberam diversos modelos matemáticos. O autor Andrade (2017) define pesquisa operacional como um conjunto de técnicas que faz uso de método científico para auxiliar as pessoas a tomarem decisões (*apud* Longaray, 2017, p. 2). O autor ainda argumenta que a modelagem matemática oferece maior fundamentação às decisões, auxiliando o processo de busca de uma solução ótima mesmo tendo inúmeras variáveis.

A programação linear (PL) é uma das primeiras fases dentro da pesquisa operacional. Na PL, a função principal, denominada função objetivo e de ordem linear do problema é uma função linear, a qual é aplicada em um conjunto de problemas envolvendo decisões de otimização, em que se procura o modo mais eficiente de usufruir os recursos disponíveis a fim de alcançar os objetivos (JUNIOR, 2020). Carvalho (2014) sugere três principais campos para aplicação da programação linear:

- Produção e formação auxiliando na fabricação, contratação e armazenagem, a fim de ser o mais eficiente possível, maximizando o lucro ou minimizando o custo;
- Composição, efetuando o melhor proveito da mistura de componentes. Por exemplo a organização de uma dieta, onde é necessário um mínimo de calorias e nutrientes e um custo mínimo;
- Transporte, sendo a otimização de sistemas de distribuição, identificando a capacidade de fabricação máxima, a quantidade de produtos requeridos pelo cliente, o custo de transporte de cada item, para maximizar o lucro.

O problema de transporte é um modelo de programação linear pertinente e aplicável à busca pela localização ideal para as sedes da corporação. A seguir veremos um aprofundamento deste modelo.

## 2.2 Problema de transporte

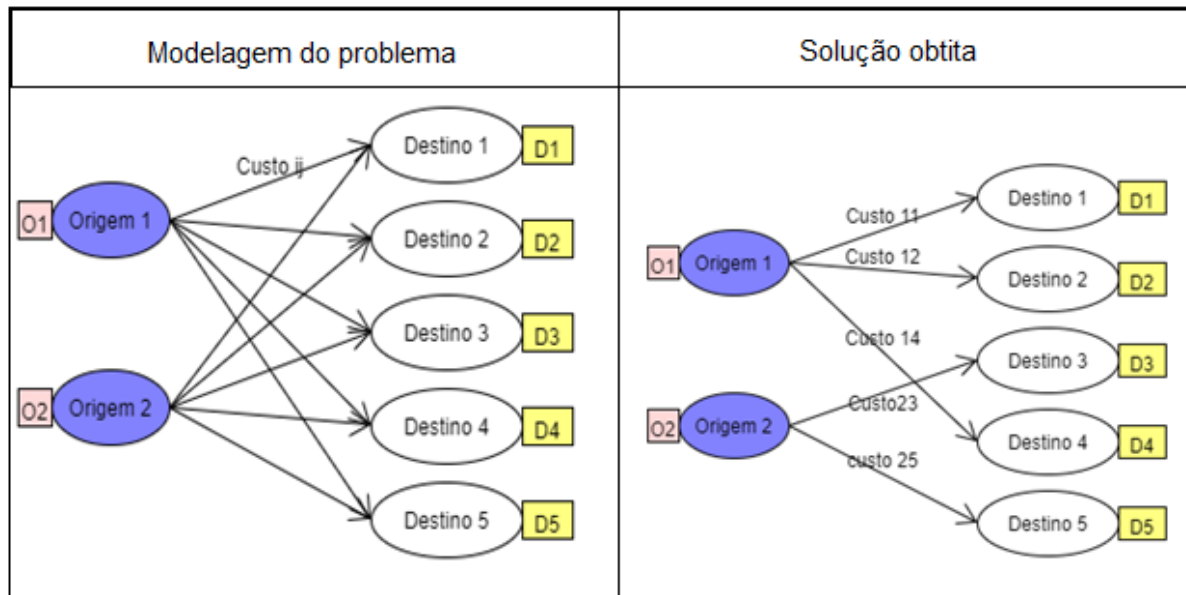
Inicialmente o modelo do problema de transporte foi utilizado por centros de distribuição a fim de diminuir o custo com transporte de suas mercadorias. No entanto, esse modelo não resolve apenas um único problema, pois, quando adaptado permite resolver problemas de designação ou transbordo. Por exemplo, um gestor de produção que ordena quantidade e o tipo de tarefa para cada funcionário de sua empresa.

No livro Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial, Ballou (2006) argumenta que o problema de transporte consiste em distribuir qualquer tipo de elemento de uma origem sendo ela um centro de fornecimento para um destino, como os mercados consumidores, com o objetivo de minimizar o total do custo de distribuição. Porém, o autor alerta para a necessidade de estar alerta caso a origem/centro de distribuição tenha mercadoria o suficiente para atender a demanda do destino.

Para entender o modelo de transporte é necessário ter em mente a estrutura de uma distribuidora, como exemplificado na Figura 1 - Diagrama do modelo de transporte. Caracterizado pela cor azul estão as distribuidoras, cada uma com sua capacidade de produção ou oferta. Representado em rosa está cada envio de

mercadoria, a qual tem um custo/peso atrelado à viagem, representado pela flecha. Em branco está representado o destino final, em que cada destino tem uma demanda de produtos, que por sua vez está simbolizada pela cor amarela.

Figura 1 - Diagrama do modelo de transporte



Fonte: Autor (2020).

Ainda na figura 1, tem-se à direita um exemplo de solução que o modelo de transporte gera. Mais do que encontrar o custo mínimo ou máximo, a solução sugere um fluxo mais eficiente, representado pela flecha. O produto da origem 1 é direcionado para os destinos 1, 2 e 4 e os produtos da origem 2 é direcionado para os destinos 3 e 5. Caso o objetivo do problema seja minimizar custos, o modelo de transporte gerou essa solução com o menor custo possível para atender a demanda exigida pelos destinos e respeitando a oferta disponível da origem, de uma forma mais eficiente. O menor custo total é o somatório de todos os custos (1-1, 1-2, 1-4, 2-3 e 2-5).

Para formulação matemática genérica para o problema de transportes, fundamentada em Hillier (2006), teremos as seguintes suposições:

- $m$  origens e  $n$  destinos;
- $c_{ij}$  é o custo para transportar o produto da origem  $i$  para um destino  $j$ ;
- A oferta na origem  $i$  é  $O_i$  ;
- A demanda no destino  $j$  é  $D_j$  ;
- Temos como variáveis do problema  $x_{ij}$  as quantidades transportadas de uma origem  $i$  para um destino  $j$ , que não podem ser negativas  $x_{ij} \geq 0$ ;
- $i = 1, 2, \dots, m$ ;
- $j = 1, 2, \dots, n$ ;

Para minimizar o custo de transporte é necessário calculá-lo. A formulação matemática para identificar o custo total é um somatório de todos os valores para transportar uma única unidade desse produto vezes a quantidade do mesmo em um

somatório de todos os produtos, isto é,  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$ . Somatório este que deverá ser minimizado como função objetivo.

As restrições são relacionadas com a demanda e oferta:

- $\sum_{i=1}^m x_{ij} = D_j$ , a quantidade de produtos transportados deverá sempre satisfazer a demanda;
- $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq O_i$ , a quantidade de produtos transportados da origem  $i$  não pode exceder a quantidade ofertada pela mesma.

Desta forma, o modelo global é obtido:

$$\text{Minimizar } F(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{mn}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

sujeito a:

- $\sum_{i=1}^m x_{ij} = D_j$ ;
- $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq O_i$ ;
- $x_{ij} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \text{ e } j = 1, 2, \dots, n$

Existem diferentes formas de resolver os problemas de transporte empregando a programação linear. Em geral, é utilizado o método Simplex, um método iterativo e programável. Segundo Brinson (1985) o método Simplex é um procedimento iterativo a fim de resolver o modelo de programação linear em sua forma normal. O método, começando com  $x_0$ , localiza sucessivamente outras soluções básicas viáveis promovendo melhores valores para a função objetivo, até ser obtido a solução ótima.

Uma das ferramentas acessíveis para a resolução de PO, é o Solver, ferramenta disponível no adicional das planilhas eletrônicas do Excel, que oferece maior eficiência ao utilizar recursos mais sofisticados. Além disso, o solver tem a capacidade de resolver problemas por meio do método Simplex (LACHTERMARCHER, 2007), compatibilizando com as necessidades para este estudo.

### 3. APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS

#### 3.1 Localização ótima: objetivos (1º passo)

Segundo Mações, (2014) o primeiro passo para definir a melhor localização de um empreendimento é traçar os objetivos desta localização. Para isso foi necessário analisar os desejos e metas do empreendimento.

A organização em questão tem como prioridade ser veloz e acessível para seus clientes. Logo, para qualquer modificação que ocorra na empresa foi necessário satisfazer os requisitos de atender seus clientes com agilidade entregando a documentação em *time* (veloz), por um preço justo (acessível). Para isso a empresa necessita ser eficiente, estar perto de seus clientes, conseguir

atender uma vasta região em curto período de tempo, com o menor custo de transporte possível.

O valor do custo de transporte está diretamente relacionado com a tabela de precificação para o cliente final da empresa. Ao analisar a relação de custos que a empresa teve ao longo do ano de 2019, percebe-se que o custo com transporte é 39% do custo total da empresa e levando em consideração que a empresa é uma prestadora de serviços e não tem despesas de fabricação ou produção de produtos, esse é um custo relativamente elevado. É importante mencionar que no valor calculado pela empresa relacionado com custo transportes, não foi levado em consideração o tempo gasto e o custo da mão de obra (hora/homem) exercido pelo engenheiro naval.

O tempo gasto com o transporte é de extrema importância pois o engenheiro que vai realizar a vistoria das embarcações poderia estar trabalhando no escritório gerando projetos e documentações. Quanto mais longe a sede se encontra com relação ao cliente e embarcação, maior o tempo gasto com o modal rodoviário de transporte do engenheiro.

A empresa tem como meta crescer não só em número de serviços, como também em tamanho de embarcações. Quanto maior e mais “exótica” (diferenciada das outras mais frequentes) a embarcação, maior os desafios de engenharia, projetos mais complexos e com maior valor agregado. Por isso, seja qual for o local onde estiver as sedes do empreendimento é preciso estar perto de polos navais.

De maneira geral, os objetivos na análise de localização neste caso são:

- A proximidade dos clientes, que gera agilidade no serviço;
- Redução do tempo gasto com transporte, além de minimizar os custos com a mão de obra/hora do engenheiro, aumenta a produtividade;
- Redução do custo gerais;
- Proximidade dos polos navais, para o crescimento da empresa.

### **3.2 Critérios de Decisão (2º passo)**

Na análise da localização ótima de um empreendimento não é necessário apenas um modelo matemático. Outros fatores qualitativos influenciam na escolha desta localização, tais como o ponto comercial, a concorrência no local, proximidades com o cliente, localização dos clientes e sucesso obtido pelo mesmo (BALLOU, 2006). O segundo passo, conforme mostrado na seção 2.1, é identificar os critérios de decisão, para isso foi feito um estudo juntamente com a empresa, visto que foi preciso avaliar as situações não somente quantitativamente, mas também qualitativamente.

A empresa, foco do estudo de caso, fez um levantamento de critérios a fim de selecionar cidades potenciais para sediar o empreendimento. Estes critérios e itens essenciais estão:

1. Proximidade da Capitania dos Portos: a cidade a ser situada a empresa precisa ser próxima ou ter Capitania dos Portos, para a agilidade no contato com a Marinha.
2. Ter mais de 100 mil habitantes,
3. Ser próxima ao Litoral.
4. Ter centro naval distinto.

Em concordância com a empresa, foram escolhidas sete cidades para serem estudadas que se adequam aos requisitos para melhor atender a necessidade da



empresa, a pedido da empresa, as informações como nome de cidades não serão divulgadas. Segue as sete cidades e respectivos estados: Sede A - PR, Sede B -PR, Sede C - SC, Sede D - RS, Sede E - RS, Sede F - SP e Sede G - RS.

Decidiu-se então que dentre as cidades selecionadas o critério decisivo na escolha da nova sede, é a minimização do custo total com transportes entre as sedes e os clientes. Para relacionar os critérios de decisão juntamente com os objetivos, conforme a seção 2.1, foi preciso utilizar modelos de programação linear. Como visto ao longo da fundamentação teórica, um modelo aplicável a problemática é o modelo de transporte. Para que o mesmo possa ser aplicado é necessário gerar e manipular dados, conforme Maçães (2014) descrito na seção 2.1, é o quarto passo a ser seguido.

### **3.3 Relação entre objetivos e critérios (3º passo)**

Para a realização do terceiro passo foi preciso encontrar a melhor maneira de relacionar as seções 3.2 e 3.1, os objetivos dessa localização ótima de forma a atender os critérios específicos para a tomada de decisão, utilizando da programação linear. Para tal foi apresentado na revisão bibliográfica, seção 2.2, um meio de empregar a programação linear, o problema de transporte que em sua forma simples, sem ser simplista, emprega a modelagem do problema em programação matemática. Essa modelagem é apresentada na seção 3.5.1. Para a aplicabilidade do modelo é necessário um amplo levantamento de dados e adequação dos mesmos, esses serão trabalhados na seção 3.4 a seguir.

### **3.4 Levantamento de dados (4º passo)**

Para a realização de um estudo em PO, dados numéricos do objeto de estudo são necessários para a obtenção dos resultados. No estudo em questão, um algoritmo foi executado a partir de uma base de dados de entrada. Os dados foram obtidos por meio do software de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) utilizado pela empresa estudada. Devido a característica dos ERPs em interligar arquivos e processos de diferentes módulos da maneira exigida pelo usuário, foi gerado um relatório focado no problema de transportes em questão.

O relatório obtido, Anexo A - Dados de Entrada obtido pelo ERP, apresenta a interligação entre as seguintes variáveis: Cidade, estado, mês, quantidade de serviços prestados por mês e faturamento. Sendo possível filtrar todas as relações entre as variáveis. Para extrair as informações necessárias a fim de aplicar o modelo matemático, os dados obtidos pelo software de origem foram trabalhados. Durante esta seção, 3.4, apresenta-se as devidas atribuições.

#### **3.4.1 Adequação dos dados de roteirização para aplicação**

Quando um engenheiro da empresa estudada marca uma viagem para a avaliação da embarcação, devido à elevada distância dos clientes em relação a sede, naturalmente uma roteirização é feita de maneira heurística. A exemplo disso, em um período de um mês inúmeros serviços aparecem em uma determinada região. De maneira lógica o técnico responsável organiza apenas uma viagem no mês para visitar diversos clientes dessa região ao invés de realizar várias viagens, uma para cada cliente.

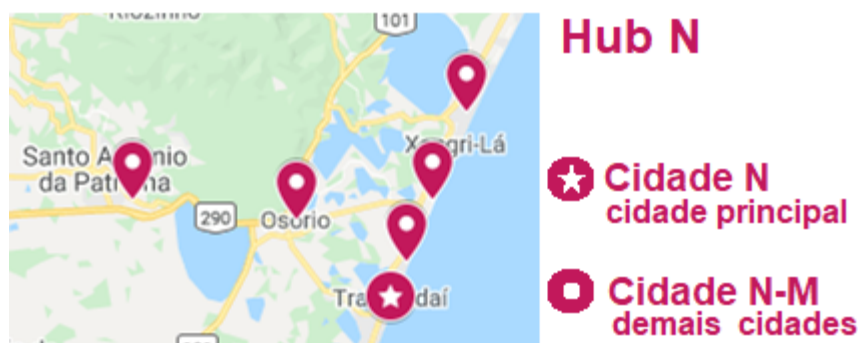
Os dados obtidos se encontram em quantidade de serviços por mês separados por municípios. Como mencionado anteriormente, não necessariamente o número de municípios com serviços define o número de viagens. Para solucionar esse problema foi proposto a aglutinação dos vários serviços/viagens num número menor de viagens mensais. Deixando assim o modelo mais realístico, porém ainda sem solucionar de maneira exata as roteirizações realizadas durante as viagens.

Posto isto, neste modelo foi necessário a definição de uma variável denominada Hub, contendo uma cidade de jurisdição e seus municípios de pertencimento.

### 3.4.2 Seleção de Hubs

Para corrigir o erro gerado pela roteirização explicitado na seção anterior, foi criado a variável Hub. O Hub tem como nome a cidade principal e contém informações dela e de cidades menores ao seu redor. Pois a localização dos clientes e embarcações na maioria das vezes não estão em grandes cidades e sim no interior próximos de rios e grandes lagos, ou então em cidades litorâneas. A imagem 2 a seguir mostra em rosa o Hub denominado Tramandaí nesse hub estão inclusas as cidades de Capão da Canoa, Imbé, Osório entre outras, caracterizados como pontos no mapa, e a própria cidade de Tramandaí com uma estrela. Logo se em uma viagem feita pelo engenheiro por Tramandaí certamente ele passou por uma ou mais dessas cidades que contém cada Hub. Para proteção dos dados da empresa, os hubs serão contabilizados de 1 à 18. As cidades principais tem os mesmos números N que seus Hubs, e as cidades menores de entorno serão diferenciadas pelo acréscimo de um M de modo que, como exemplo: O Hub de Tramandaí tem nome Hub 3, a cidade de Tramandaí é denominada Cidade 3, a cidade pertencente ao Hub 3, Osório é Cidade 3-1, Imbé é Cidade 3-2 e Capão da Canoa é Cidade 3-3 e assim sucessivamente.

Figura 2 - Hub de Tramandaí



Fonte: Autor (2020), imagem google maps

É importante destacar que as localizações referenciadas na imagem não são a localização exata da visita e sim apenas um ponto indicando um posicionamento espacial do município. E que o dado gerado pelo software da empresa é referente ao endereço de registro da embarcação e não da localidade exata que ela se encontra para a vistoria dos engenheiros.

Neste desenvolvimento foram gerados 18 Hubs retratados na imagem da figura 3 – Mapeamento dos Hubs.

Figura 3 – Mapeamento dos Hubs.



Fonte: Autor (2020).

Observa-se, na imagem 3, a vasta atuação da empresa em questão. Por esta vasta atuação, a empresa com sede apenas na Sede A apresenta cerca de 39% do somatório de custos referentes ao transporte. Na seção a seguir é calculado o valor de cada viagem e custos a fim de estudar o menor custo possível do mesmo.

### 3.4.3 Distâncias e valores entre HUBs e SEDEs

Sendo o custo de transporte o principal custo da empresa, é necessário definir o custo de cada viagem para que possa ser minimizada. Basicamente o custo do transporte é proporcional ao deslocamento feito pelo automóvel. Utilizando a ferramenta Google Maps, foi atribuída a distância rodoviária entre as possíveis Sedes e Hubs de trabalho com Mostrado na Tabela 1 - distância entre Hubs e Sedes.

Tabela 1 - Distância entre Hubs e Sedes

<b>Cidades para possíveis Sedes - Distâncias em km</b>							
<b>Hubs</b>	<b>Sede 1</b>	<b>Sede 2</b>	<b>Sede 3</b>	<b>Sede 4</b>	<b>Sede 5</b>	<b>Sede 6</b>	<b>Sede 7</b>
<b>Hub 1</b>	404	123	398	348	572	794	248
<b>Hub 2</b>	248	541	317	977	1200	265	877
<b>Hub 3</b>	479	519	551	370	635	879	478
<b>Hub 4</b>	307	0	300	343	1030	696	356
<b>Hub 5</b>	130	248	54	683	908	528	582
<b>Hub 6</b>	840	221	835	113	407	1231	221
<b>Hub 7</b>	391	695	490	1130	1354	618	1030
<b>Hub 8</b>	735	666	812	350	475	1141	455
<b>Hub 9</b>	89,8	301	0	736	959	480	636
<b>Hub 10</b>	581	510	661	289	551	986	396
<b>Hub 11</b>	101	272	27,4	708	931	483	608
<b>Hub 12</b>	741	462	736	0	328	1140	122
<b>Hub 13</b>	965	686	1030	328	0	1364	343
<b>Hub 14</b>	877	598	873	146	312	1270	260
<b>Hub 15</b>	405	705	480	1140	1364	0	1040
<b>Hub 16</b>	559	280	625	193	417	950	88,7
<b>Hub 17</b>	641	361	636	123	343	1032	0
<b>Hub 18</b>	0	307	89,8	741	965	405	641

Fonte: Autor (2020)

Como mencionado na seção 3.4.2, o Hub define apenas a região para qual o engenheiro viaja com intenção de realizar o serviço, na prática o destino final é a cidade que se encontra o serviço nas proximidades da primeira. É necessário que seja adicionada uma distância a mais do que as calculadas entre os Hubs e Sedes para adequar a um destino ou vários destinos, caso realizado outros serviços no mesmo Hub.

Para o cálculo, foi definida a distância entre a cidade principal (que dá nome ao Hub) e demais localidades onde a empresa teve atendimento. Por meio da ferramenta Google Maps. Depois disso é feita uma média entre essas distâncias para ser adicionado em cada Hub que é mostrado na Tabela 2. Como por exemplo no Hub 2 a empresa atende as seguintes cidades com suas respectivas distâncias:

- Cidade 3 com 13 km, valor para o engenheiro se deslocar dentro da própria cidade, esta é a cidade que dá nome ao Hub,
- Cidade 3-1 com 64 km de distância entre Cidade 3 e Cidade 3-1,
- Cidade 3-2 com 36,7 km e
- Cidade 3-3 com 64 km.

Esses valores somados resultam em 177,7 e foi calculado uma média resultando em 44,43 km. Esse valor, média de deslocamento dentro do próprio hub, é adicionado à distância entre sedes e Hub para cálculo de custos, e será exibido na tabela 3.

Tabela 2 - Cidades destinos com respectivos Hubs e distância referência

<b>Hubs:</b>	<b>Estado:</b>	<b>Localidade de destino:</b>	<b>Dist.(km):</b>	<b>Média (km)</b>
<b>Hub 1</b>	SC	Cidade 1	51,50	<b>51,50</b>
<b>Hub 2</b>	SP	Cidade 2	2,00	<b>2,00</b>
<b>Hub 3</b>	RS	Cidade 3	13,00	<b>44,43</b>

	SC	Cidade 3-1	64,00	
	RS	Cidade 3-2	36,70	
	SC	Cidade 3-3	64,00	
<b>Hub 4</b>	SC	Cidade 4	15,00	<b>15,00</b>
<b>Hub 5</b>	PR	Cidade 5	8,00	<b>14,00</b>
	PR	Cidade 5-2	20,00	
<b>Hub 6</b>	RS	Cidade 6	1,00	<b>49,15</b>
	RS	Cidade 6-1	128,00	
	RS	Cidade 6-2	8,60	
	RS	Cidade 6-4	64,00	
	RS	Cidade 6-5	61,30	
	RS	Cidade 6-6	32,00	
<b>Hub 7</b>	PR	Cidade 7	26,00	<b>26,00</b>
<b>Hub 8</b>	MS	Cidade 8	29,00	<b>91,67</b>
	PR	Cidade 8-1	132,00	
	PR	Cidade 8-2	114,00	
<b>Hub 9</b>	PR	Cidade 9	7,00	<b>37,67</b>
	PR	Cidade 9-1	53,00	
	PR	Cidade 9-2	143,00	
	PR	Cidade 9-3	8,00	
	PR	Cidade 9-4	8,00	
	PR	Cidade 9-5	7,00	
<b>Hub 10</b>	RS	Cidade 10	6,00	<b>39,53</b>
	RS	Cidade 10-1	77,60	
	RS	Cidade 10-2	35,00	
<b>Hub 11</b>	PR	Cidade 11	7,00	<b>12,70</b>
	PR	Cidade 11-1	18,40	
<b>Hub 12</b>	RS	Cidade 12	17,00	<b>34,67</b>
	RS	Cidade 12-1	17,50	
	RS	Cidade 12-2	60,00	
	RS	Cidade 12-3	26,00	
	RS	Cidade 12-4	30,40	
	RS	Cidade 12-5	32,60	
	RS	Cidade 12-6	41,00	
	RS	Cidade 12-7	48,30	
	RS	Cidade 12-8	20,00	
	RS	Cidade 12-9	36,20	
	RS	Cidade 12-10	30,00	
	RS	Cidade 12-11	17,00	
<b>Hub 13</b>	RS	Cidade 13	530,00	130,00
<b>Hub 14</b>	RS	Cidade 14	70,00	<b>77,00</b>
	RS	Cidade 14-1	84,00	
<b>Hub 15</b>	SP	Cidade 15	20,00	<b>20,00</b>
<b>Hub 16</b>	RS	Cidade 16	2,50	<b>28,88</b>
	SC	Cidade 16-1	35,00	
	RS	Cidade 16-2	51,00	

	RS	Cidade 16-3	27,00	
<b>Hub 17</b>	RS	Cidade 17	1,40	<b>23,57</b>
	RS	Cidade 17-1	30,00	
	RS	Cidade 17-2	23,00	
	RS	Cidade 17-3	54,00	
	RS	Cidade 17-4	10,00	
	RS	Cidade 17-5	23,00	
<b>Hub 18</b>	PR	Cidade 18	10,00	<b>14,50</b>
	PR	Cidade 18-1	19,00	

Fonte: Autor (2020)

Com a distância entre a empresa e o destino do engenheiro é possível obter as despesas com deslocamento. Atrelado a quilometragem foram associados os custos referentes a combustível, diárias, manutenção do veículo, pedágios e tempo despendido do engenheiro, que poderia estar produzindo conteúdo no escritório.

Os custos com combustível foram obtidos por meio do consumo específico de gasolina da frota que é 11,00 km/l. Como valor do combustível, foi utilizado R\$: 4,5/L, média dos valores comprados pela empresa no ano de 2019. A equação a seguir mostra como são obtidos os valores:

$$C = \frac{Dist \times vc}{E}$$

Onde:

- $C$  = Custo com combustível [R\$];
- $dist$  = Distancia percorrida em cada viagem [km]
- $E$  = Eficiência do automóvel [km/L]
- $vc$  = Valor do combustível [R\$/L]

Para distâncias de até 300km de ida e volta ao serviço, é adicionado um valor de R\$: 30,00 para suprir gastos com alimentação, já quando a viagem simulada é maior de 300km, neste caso atribui-se R\$300,00 para compor o custo de alimentação e hospedagem. O mesmo ocorre quando o valor percorrido é superior a 400km, atribuindo-se R\$600,00.

Custos com manutenção da frota devem ser considerados assim como a compra dos veículos. Por meio do banco de dados da empresa em questão, foi adotado o valor de R\$ 0,24 por quilômetro rodado.

O histórico de custo com pedágios, balsas e estacionamentos, assim como gastos com manutenção da frota, foi obtido no banco de dados da empresa o valor de R\$ 0,0316 por quilômetro rodado.

O tempo em atendimento ao cliente também deve ser considerado como um custo, pois quem sai da empresa para vistoriar a embarcação é o engenheiro técnico responsável, que poderia usar dessas horas para agregar valor no escritório, com projetos e finalizando as documentações por exemplo. O valor por hora trabalhada de um engenheiro naval é de alto custo. Admitindo-se média de 80 km/h, foi possível estimar o tempo envolvido no transporte e multiplicar pelo valor hora do engenheiro, adicionar este montante nos custos totais.

Com a compreensão do cálculo do custo de transporte e a obtenção das distâncias foram obtidos os custos envolvidos em cada combinação de sede e destino. Para facilitar a análise, apresenta-se parte de uma tabela de tamanho: x

[linhas x colunas]. Onde para cada sede com seus respectivos destinos como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo de Custos

De (SEDES)	Para (HUBS)	Distância (Km)	Dist. Dent. Do Hub(Km)	Gasolina (R\$)	Diaria (R\$)	Manutenção (R\$)	Pedagio (R\$)	Tempo (R\$)	Total (R\$)
		Tabela 1	Tabela 2		km ≤ 300; R\$ 300 km < 400; R\$ 600		Varia por rota	R\$/hora do Técnico	Somatório e km x 2
Sede B	Hub 1	404	51,5	357,60	300	326,61	27,16		1.151,04
	Hub 2	248	2,0	207,20	300	189,24	15,74	80,93	793,10
	Hub 3	479	44,4	417,07	300	380,92	31,68	162,89	1.292,56
	Hub 4	307	15,0	261,70	300	239,02	19,88	102,21	922,81
	Hub 5	130	14,0	114,00	30	104,12	8,66	44,53	301,30
	Hub 6	840	49,2	719,43	300	657,08	54,64	280,99	2.012,13
	Hub 7	391	26,0	336,18	300	307,04	25,53	131,30	1.100,05
	Hub 8	735	91,7	649,75	300	593,43	49,35	253,77	1.846,30
	Hub 9	90	37,7	90,40	30	82,56	6,87	35,31	245,13
	Hub 10	581	39,5	499,91	300	456,58	37,97	195,25	1.489,71
	Hub 11	101	12,7	89,33	30	81,59	6,78	34,89	242,59
	Hub 12	741	34,7	631,03	300	576,33	47,92	246,46	1.801,74
	Hub 13	965	130,0	857,08	300	782,80	65,09	334,75	2.339,73
	Hub 14	877	77,0	761,81	300	695,78	57,86	297,54	2.112,98
	Hub 15	405	20,0	345,33	300	315,40	26,23	134,88	1.121,83
	Hub 16	559	28,9	477,17	300	435,81	36,24	186,37	1.435,59
	Hub 17	641	23,6	543,19	300	496,12	41,25	212,15	1.592,72
	Hub 18	0	14,5	6,03	30	5,51	0,46	2,36	44,36

Fonte: Autor (2020).

### 3.4.4 Matriz de Custo

A partir da Tabela 3, Cálculo de Custos, mostrada anteriormente. Analisando o custo de viagem anual de sedes para destinos das viagens, todos os hubs, é possível obter uma matriz de custo de viagem onde os valores da tabela representam o valor gasto pela empresa para atender uma região, esse valor depende da localização da sede. Por exemplo se o técnico estiver na Sede 1 empresa gasta 1139,16 reais para atender o Hub 1. Esse valor é corresponde a soma dos diversos fatores apresentado na seção anterior. A tabela representando a Matriz, está abaixo na Tabela 4 – Matriz custo "DE" sede "PARA" hub.

Tabela 4 – Matriz custo "DE" sede "PARA" hub

DE   PARA	Sede 1	Sede 2	Sede 3	Sede 4	Sede 5	Sede 6	Sede 7
Hub 1	1139,16	1151,04	324,57	1040,14	1483,74	1923,37	842,11
Hub 2	929,74	793,10	1373,33	2236,75	2678,36	826,76	2038,72
Hub 3	1435,14	1292,56	1371,77	1076,71	1601,49	2084,69	1290,58
Hub 4	908,95	922,81	44,85	994,10	2354,58	1693,15	1019,85
Hub 5	150,80	301,30	804,98	1666,42	2111,99	1359,47	1466,41
Hub 6	2002,23	2012,13	786,32	302,44	1154,66	2786,44	786,32
Hub 7	1296,10	1100,05	1702,07	2563,50	3007,10	1549,58	2365,47
Hub 8	1998,78	1846,30	1709,66	1083,88	1331,42	2650,31	1291,81
Hub 9	67,30	245,13	933,37	1794,81	2236,42	1287,85	1596,78
Hub 10	1648,14	1489,71	1349,11	911,46	1430,30	2291,74	1123,35
Hub 11	96,84	242,59	851,22	1714,64	2156,25	1269,07	1516,61
Hub 12	1791,84	1801,74	1249,23	64,33	983,87	2591,89	305,92
Hub 13	2468,45	2339,73	1787,22	1078,27	158,72	3129,88	1107,97
Hub 14	2105,06	2112,98	1560,47	395,37	994,10	2891,25	891,13
Hub 15	1270,36	1121,83	1715,93	2577,37	3020,96	49,80	2379,33
Hub 16	1566,29	1435,59	883,08	440,79	1154,38	2209,89	234,25
Hub 17	1582,82	1592,72	1038,23	296,91	1002,58	2367,02	53,33
Hub 18	222,19	44,36	922,32	1781,77	2225,37	1116,39	1583,74

Fonte: Autor (2020.)

Com essa matriz é possível comparar os custos de cada viagem de forma que nessa comparação é levado em consideração a quantidade de vezes que foi necessário o engenheiro da empresa em questão visitar cada região. Essa quantidade de vezes é crucial para a decisão

No trabalho foi estudado possíveis sedes, Hubs, custo de viagem devido a distância entre cidades e hubs. Na seção seguinte são apresentados os passos realizados para a análise de dados.

### 3.5 Análise dos dados (4º passo)

A análise de dados é o quinto e último passo conforme a sequência vista na seção 2.1, onde é feita a modelagem matemática e aplicado o método de solução simplex por meio da ferramenta do Excel e Solver.



### 3.5.1 Modelagem matemática

Como mostrado na fundamentação teórica, na seção 2.2, sobre a modelagem matemática do problema de transportes no âmbito de pesquisa operacional, foi preciso definir a função objetivo para adequar a problemática deste trabalho ao modelo de transportes de programação linear. Neste caso, a função objetivo é:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij}$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq o_i$$

$$x \geq 0; \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, m \quad e \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

visto que:

- A função  $z = f(x_{11}, x_{11}, x_{11}, \dots, x_{mn})$ ;
- $c_{ij}$  é referente ao custo para transportar uma unidade de “engenheiro” de uma sede(origem)  $i$  para um Hub(destino)  $j$ . Custo esse concernente a tabela 4 mostrada na seção 3.4.4.

Além das variáveis da função objetivo, foi definido outras referente a restrições. A seguir é mostrado estas:

- $x$  é a variável do modelo, quantidade de viagens realizadas, de  $i$  para  $j$ .
- $o_i$  oferta, viagens requeridas pelos clientes.
- $d_j$  demanda, viagens disponíveis pela empresa,

Para compreender melhor o caso é exemplificado o processo envolvido para calcular a função objetivo entre as possíveis sedes B e D. A figura 4 representa a planilha Excel para posterior uso do solver. Os valores (dentro do quadro azul) são os custos de viagem referente ao deslocamento, para apenas uma viagem realizada. As variáveis são representadas pelo quadro em vermelho na tabela, a capacidade (em amarelo) da empresa em atender seus clientes é ilimitada (infinita), logo para esse caso foi inserido o número 200 como uma representação do infinito. A demanda está representada pela cor verde na tabela

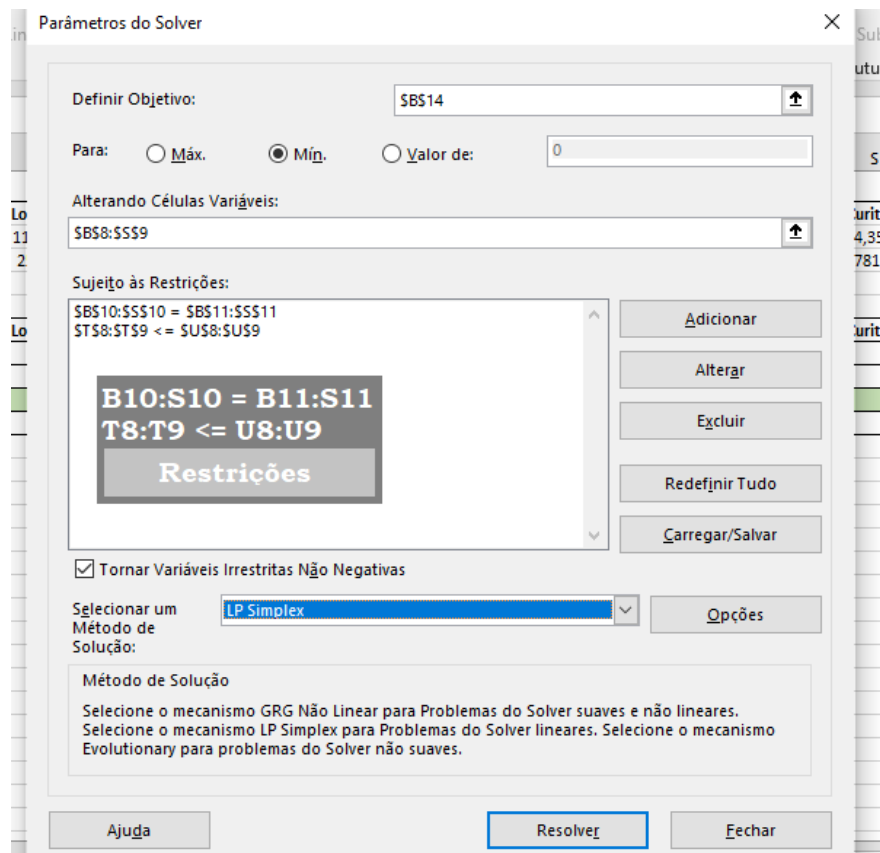
Figura 4 - Imagem da Planilha Excel: modelagem

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1																						
2	DE PARA	Hub 1	Hub 2	Hub 3	Hub 4	Hub 5	Hub 6	Hub 7	Hub 8	Hub 9	Hub 10	Hub 11	Hub 12	Hub 13	Hub 14	Hub 15	Hub 16	Hub 17	Hub 18			
3	Sede B	1151,04	793,10	1292,56	922,81	301,30	2012,13	1100,05	1846,30	245,13	1489,71	242,59	1801,74	2339,73	2112,98	1121,83	1435,59	1592,72	44,36			
4	Sede D	1040,14	2236,75	1076,71	994,10	1666,42	302,44	2563,50	1083,88	1794,81	911,46	1714,64	64,33	1078,27	395,37	2577,37	440,79	296,91	1781,77			
5																						
6																						
7	DE PARA	Hub 1	Hub 2	Hub 3	Hub 4	Hub 5	Hub 6	Hub 7	Hub 8	Hub 9	Hub 10	Hub 11	Hub 12	Hub 13	Hub 14	Hub 15	Hub 16	Hub 17	Hub 18	Oferta		
8	Sede B																				0	200
9	Sede D																				0	200
10	RECEBIDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	DEMANDA	1	1	4	2	6	7	1	2	10	4	6	10	1	1	1	5	9	8			
12																						
13																						
14	Custo Total	=SOMARPRODUTO(B3:S4;B8:S9)																				

Fonte: Autora (2020).

Está exemplificada na imagem 8 abaixo a aplicação do Solver na planilha eletrônica Excel, para isso é informado o local da função objetivo, das variáveis, e as restrições.

Figura 5 - Aplicando Solver na planilha eletrônica Excel



Fonte: Autora (2020).

O resultado apresentado pelo solver é mostrado na figura 5, a seguir. A solução não mostra apenas o custo mínimo como o transporte entre as duas sedes para atender todos os Hubs, mas também expressa, no quadro das variáveis, a ordem de atendimento de cada sede. Por exemplo, nas células referente à visita no Hub 3 (8-9D) resultou em 0 viagens para a Sede B e 4 viagens para a Sede D. Isso quer dizer que não convém ao engenheiro que está na sede B ir vistoriar uma embarcação no Hub 3, quem deveria vistoriar essa embarcação seria o engenheiro da Sede D, e assim para cada Hub sucessivamente.

Figura 5 - Custo mínimo de transporte entre Sedes B e D.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2	DE PARA	Hub 1	Hub 2	Hub 3	Hub 4	Hub 5	Hub 6	Hub 7	Hub 8	Hub 9	Hub 10	Hub 11	Hub 12	Hub 13	Hub 14	Hub 15	Hub 16	Hub 17	Hub 18		
3	Sede B	1151,04	793,10	1292,56	922,81	301,30	2012,13	1100,05	1846,30	245,13	1489,71	242,59	1801,74	2339,73	2112,98	1121,83	1435,59	1592,72	44,36		
4	Sede D	1040,14	2236,75	1076,71	994,10	1666,42	302,44	2563,50	1083,88	1794,81	911,46	1714,64	64,33	1078,27	395,37	2577,37	440,79	296,91	1781,77		
5																					
6																					
7	DE PARA	Hub 1	Hub 2	Hub 3	Hub 4	Hub 5	Hub 6	Hub 7	Hub 8	Hub 9	Hub 10	Hub 11	Hub 12	Hub 13	Hub 14	Hub 15	Hub 16	Hub 17	Hub 18	Oferta	
8	Sede B	0	1	0	2	6	0	1	0	10	0	6	0	0	0	1	0	0	8	35	200
9	Sede D	1	0	4	0	0	7	0	2	0	4	0	10	1	1	0	5	9	0	44	200
10	RECEBIDO	1	1	4	2	6	7	1	2	10	4	6	10	1	1	1	5	9	8		
11	DEMANDA	1	1	4	2	6	7	1	2	10	4	6	10	1	1	1	5	9	8		
12																					
13																					
14	Custo Total	R\$	31.200,81																		

Fonte: Autora (2020).

Até então, no exemplo, analisou-se o custo mínimo para um ano de transporte no caso de duas sedes (B e D). Porém, para encontrar a localização ideal entre as cidades escolhidas foi preciso analisar todas as sete cidades escolhidas para sediar a empresa. Sede A, Sede B, Sede C, Sede D, Sede E e Sede F.

Como mostrado na tabela 5. É repetido o mesmo procedimento detalhado neste capítulo para cada combinação de duas cidades. Por exemplo, foi calculado o custo, na figura 8, de Sedes B e D, depois o estudo calculou o custo entre Sedes B e A, em seguida B e C, assim, consecutivamente é analisada todas as possibilidades.

Quando comparado a mesma cidade, por exemplo, Sede B com Sede B significa que, neste caso, existe apenas uma sede situada na Cidade B. Para analisar todos os custos gerados nessas combinações foi feita a Tabela 5 na próxima seção.

### 3.6 Apresentação dos Resultados (5º passo)

A Tabela 5 relata todos os custos calculados por meio da ferramenta solver. A combinação entre duas sedes é a intersecção entre colunas e linhas na mesma. Ela é uma matriz espelhada, onde a diagonal inferior tem os mesmos valores que a diagonal superior. Como por exemplo, se a empresa tivesse uma estrutura de sede nas cidades F e D o custo mínimo com transporte anual seria o valor de R\$62.265,89, como mostra a tabela.

Quando a mesma cidade/sede se repete, exemplo da primeira célula (referente a Sede A) é considerado como apenas uma única sede, o valor de R\$ 85.304,58 é referente ao custo com transporte da situação inicial da empresa. As cores, na figura 5, representam menores custos em amarelo e maiores custos em vermelho. Desta forma, o menor custo seria obtido com uma sede na Sede A local original da empresa e uma filial na Sede D.

Tabela 5 – Síntese dos resultados

Sede A	Sede B	Sede C	Sede D	Sede E	Sede F	Sede G		
85.304,58	81.109,47	57.253,31	29.521,11	58.383,45	83.981,05	34.545,64	Sede	A
	84.970,30	58.588,44	31.200,81	59.504,70	83.898,27	36.225,34	Sede	B
		81.261,61	51.085,64	75.335,82	78.896,43	56.308,20	Sede	C
			82.125,21	81.205,66	62.265,89	72.155,29	Sede	D
				129.335,20	93.536,30	79.705,04	Sede	E
					151.920,74	67.341,91	Sede	F
						80.654,29	Sede	G

Fonte: Autora (2020).

Como mencionado, o modelo além de calcular o custo mínimo, designa os hubs para cada sede, de forma eficiente cada sede fica responsável por atender os seguintes hubs:

- Sede A atenderá aos Hubs: 2, 4, 5, 7, 9, 11, 15 e 18.
- Sede D atenderá aos Hubs: 1, 3, 6, 8, 10, 12, 13, 14, 16 e 17.

Com uma única sede no local A, como no formato inicial da empresa, o custo é de R\$ 85.304,58. Caso seja aberta uma filial na Sede D o custo diminuiria para R\$ 29.521,11 uma diferença de R\$ 55.783,47 isso é menos 65,4%.

## 5. CONCLUSÃO

Esse artigo teve como objetivo geral formular um modelo da problemática do estudo de caso, sendo a localização da nova filial ou a realocação da sede da empresa. Para tal foram propostos os seguintes objetivos específicos: formular um modelo quantitativo ideal da problemática sendo ela a localização das sedes da empresa; empregar os dados coletados para obtenção da solução; analisar a aplicabilidade da solução gerada, empregando critérios qualitativos para avaliação; e, determinar a localização geográfica da nova filial da empresa ou realocação da sede. Para atender ao objetivo da pesquisa, foram utilizados os cinco passos para identificar a localização geográfica ótima da empresa, como sugerido por Maçães (2014). Esses passos englobam aspectos quantitativos e aspectos qualitativos, tal como abordado ao longo da fundamentação teórica.

O primeiro passo foi encontrar os objetivos da localização ótima, bem como sua função com base na visão da empresa, por meio de uma análise de âmbito qualitativo. Seguindo esse mesmo contexto, no segundo passo, identificou-se os critérios para a tomada de decisão, então foram selecionadas sete cidades para sediar a nova filial da empresa. No terceiro passo, foi utilizado da área da pesquisa operacional, para relacionar os objetivos da localização e minimizar o custo com transporte, com os critérios de decisão das sete cidades escolhidas. No quarto passo, levantou-se dados e atribuição dos mesmos para aplicação do modelo de transportes, um modelo de programação linear. O modelo foi aplicado em uma série de combinações entre as cidades potenciais, para então realizar as comparações.

Por meio da análise dos dados obtidos pelo software de gestão da organização foi possível aplicar o modelo matemático proposto neste trabalho, e concluir que a melhor configuração para o empreendimento é uma Sede no local A

com filial na Sede D, implicando em uma redução de 65,4% dos custos logísticos da empresa.

Como aspectos qualitativos também devem ser considerados, não necessariamente a mudança aumentará o lucro, uma vez que foi levado em consideração o tempo gasto em viagens. Se este tempo não for investido em novos projetos não terá o impacto nas mesmas proporções. Porém, a disponibilização de tempo para os colaboradores da empresa pode oferecer oportunidades para crescimento.

Sobre a orientação utilizada para a tomada de decisão, os passos sugeridos pelo autor Maçaes (2014), pode-se concluir que a ordem qualitativa é subjetiva às preferências gerenciais da mesma. Logo, para repetir o mesmo estudo de caso em uma organização diferente, não serão escolhidos os mesmos critérios. Com isso, o método replicado pode não encontrar os mesmos resultados. Porém, para a visão atual do empreendimento, foi possível visualizar uma grande minimização de custos. Em vista disso, os passos sugeridos pelo autor se mostraram eficientes.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em março de 2020, as ações tomadas para contornar a pandemia do novo corona vírus mudaram a cinética das empresas brasileiras. Uma ação tomada por muitas destas foi a implementação do *Home Office* para minimizar o contágio do vírus. Seguindo o mesmo caminho a empresa estudada adota este procedimento. Observou-se que o modelo de negócio funciona para a empresa, a qual começou a atuar em duas sedes convenientes para os engenheiros. Com esta nova situação, observou-se a implementação de dois hubs sem a necessidade de locação de espaços físicos, uma vez que a residência do técnico pode servir como escritório e por fim, ainda minimizar todos os tipos de gastos em viagem maximizando o lucro. Mesmo não sendo a localização planejada por esse artigo, a organização notou grande melhora em seus resultados, os custos com transportes que antes eram 39% caíram para 19% dos custos totais da empresa. Uma diferença de 51%. Esse valor calculado pelos dados retirados da empresa, não leva em consideração o desperdício/custo das horas do engenheiro que poderia estar no escritório desenvolvendo e acrescentando para a empresa. Como sugestão de trabalhos futuros: Uma análise de custos e critérios para a implementação de escritório móvel.

Alguns pontos neste artigo não resultaram como esperado e são importantes serem considerados. O estudo foi realizado com dados de 2019 e não relacionou os potenciais de crescimento, nem novas localidades visitadas. Em 2020 a empresa cresceu em proporções inesperadas, e começou a atuar em embarcações maiores e os números de visitas em diferentes regiões aumentaram. Em vista disso, futuras pesquisas podem realizar o levantamento e análise probabilística do crescimento da empresa.

Para Clemente (2002) ao analisar a escala regional os aspectos como o custo de transporte, mão de obra e de suprimentos são de maior importância. Já para avaliação em escala urbana destaca-se as vias de acesso, planos diretores da cidade, aluguel e ponto, uso do solo. Em grande maioria do setor de serviços, escolha a localização visando a escala urbana. Este estudo de caso teve como objetivo encontrar a localização ótima em escala regional. Como trabalho futuro é sugerido um estudo em escala urbana. A Análise do ponto comercial.

Por fim, Maçaes (2014), argumenta que é melhor analisar como evitar uma localização desastrosa do que encontrar a localização ótima. Situar uma

organização em um local errôneo, pode ser catastrófico para a mesma. Principalmente quando (seu faturamento) depende diretamente do modal rodoviário e transportes. A alocação e realocação de sede é um investimento arriscado que gera muitos gastos, e tem a capacidade de perder clientes e aumentar o custo da empresa.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L., 2009. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. Rio de Janeiro: Eskrin.

BALLOU, R. H., 2006. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman.

BRONSON, Richard. 1985. **Pesquisa Peracional**. São Paulo: McGraw-Hiw do Brasil.

CARVALHO, J. M. S. 2014. **Programação Linear: Algoritmos simplex primal, dual, transporte e afetação**. Porto: Vida Económica - Editorial S/a.

CASAROTO, Nelson F., 2002. **Projeto de negócio: estratégia e estudos de viabilidade: redes de empresas, engenharia simultânea, plano de negócio**. São Paulo: Atlas.

CLEMENTE, Ademir(organizador), 2002. **Projetos Empresariais e Públicos**. São Paulo: Atlas.

FREDERICK S. Hillier, 2006. **Introdução à pesquisa operacional**. 8° ed. São Paulo: McGraw-Hill.

JUNIOR, W. G. 2020. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Senac.

LACHTERMACHER, G., 2007. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

LONGARAY, A. A., 2017. **Introdução à pesquisa operacional**. São Paulo: Saraiva Educação S.A.

MAÇAES, M. A. R., 2014. **Manual de Gestão Moderna, Teoria e Prática**. Lisboa: Actual.

MEGLIORINI, Evandro, 2012. **Custos: Análise e gestão**. São Paulo: Pearson Prentice Hall.

MOREIRA, D. A., 2010. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. São Paulo: Cengage,

SILVA, Ermes. M. de, 1998. **Pesquisa Operacional Para os Cursos de: Economia; Administração; Ciências Contábeis**. 3° ed. São Paulo: atlas.



## ANEXO A – Dados de Entrada obtido pelo ERP (Continuação).

UF	Cidade	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago	Set.	Out.	Nov.	Dez.	total
RS	46	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	47	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	48	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
RS	50	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	51	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
SC	53	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
RS	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
PR	55	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
RS	56	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1



## AGRADECIMENTOS

Ser graduada é um sonho que se iniciou desde pequena e está prestes a se realizar, por isso quero agradecer a todos que me ajudaram nessa trajetória.

Agradeço à minha família, em especialmente aos meus pais e irmãos, que entenderam as minhas ausências e não mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade, mesmo nos momentos difíceis que tivemos que enfrentar, nunca deixaram de acreditar em meu potencial. Aos meus amigos que sempre me apoiaram e em especial ao Francisco que me auxiliou.

Agradeço ao meu Amor Frederico, que sempre me encorajou e me incentivou a continuar a jornada até a conclusão desse sonho.

Agradeço à Universidade Federal de Santa que me disponibilizou conhecimento para concretizar este artigo, em especial à Professora doutora Christiane Wenck Nogueira Fernandes que me orientou com muita disponibilidade e sabedoria.

Por fim, agradeço a empresa estudada por confiar uma decisão tão importante e disponibilizar seus dados, que foram de suma importância para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.