

Roteirização de Veículos em uma Empresa de Transporte de Encomendas Atuante no Município de Marabá-PA

Davi Arthur Seixas da Silva (UEPA)
DaviArthurSS@hotmail.com

Hiago Garcia de Lima (UEPA)
garcya800@gmail.com

Leonardo Rodrigo Soares dos Reis (UEPA)
leonardorsdosreis@gmail.com

Rafael Weverson Cardoso (UEPA)
rafaelw2010@hotmail.com

Diego Moah (UEPA)
moah6@hotmail.com

Os serviços de entregas tem crescido de forma extraordinária nos últimos meses devido a um cenário pandêmico, altos volumes de compras online somados a altas taxas da população mantendo se em seus lares, sobrecarregam os sistemas logísticos, fazendo-se necessaria um melhor planejamento desta distribuição física. Considerando o exposto, o objetivo deste artigo é descrever e analisar o planejamento das atividades de roteirização de veículos em uma empresa do segmento de entregas. Trata-se de uma pesquisa descritiva e quantitativa, usando o método de Arenales devido sua fácil compreensão e aplicabilidade. Foi feito um estudo de caso para identificar como é gerenciado a roteirização dos veículos em uma filial do segmento de logística e transportes de cargas localizada no município de Marabá-PA. Os dados foram coletados através da aquisição dos registros da empresa referentes a demanda dos clientes, tamanho da frota, capacidade dos veículos, custos e consumo de combustíveis, entre outros. O software AIMMS foi o responsável pela modelagem e testes dos resultados, utilizando os Solvers CPLEX e GUROBI. Com este, foi possível se obter uma roteirização em que se utilizou toda a frota disponível, ambos os solvers obtiveram 42333 restrições, e O GUROBI, responsável pela minimização dos custos obteve, um valor de R\$1957,46 de custos diários com transporte.

Palavras-chave: Roteamento de Veiculos, Logística, Transporte.



1. Introdução

Segundo a CNT - Confederação Nacional do Transporte (2016) o custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil onde a maior parte do custo é formada pelo transporte, que corresponde à 6,8% do PIB. Um dos fatores desse elevado custo é o fato de que 65% do transporte no Brasil é realizado por rodovias, o que é mais caro que o transporte ferroviário ou aquaviário.

O Estado do Pará possui o equivalente à 11.754km de rodovias, em que 57% (6.718km) delas são estaduais e 43% (5.036km) federais. Entre o período de 2011 a 2014, aproximadamente R\$1,5 bilhão foram usados na intervenção de 1.881km, cerca de 28% da malha rodoviária estadual, além da construção de 2.798m de pontes de concretos. Esses investimentos permitiram que as rodovias estaduais pavimentadas totalizassem 3.506km, superando as não pavimentadas (3.212km). Em 2014, a revista britânica “Financial Times Magazine”, através de um estudo que avaliou a capacidade das cidades de atrair futuros investimentos, relatou que o Estado do Pará como o sexto melhor estado da América do Sul no que se refere a infraestrutura. (SETRAN-PA, 2016)

Apesar da reconstituição dos investimentos na infraestrutura da malha rodoviária brasileira desde a década de 90 o estado de conservação de grande parte das rodovias no Brasil é considerado insatisfatório. Isso acaba elevando os sobrecustos logísticos, como o número de vezes a se fazer manutenção nos veículos. (MARCHETTI; FERREIRA, 2012). Por consequência, atingir um nível de qualidade adequado do serviço logístico e ao mesmo tempo minimizar os custos da operação pode ser um grande desafio para muitas empresas, especialmente no caso da empresa estudada nesta pesquisa, que se trata de uma transportadora de encomendas e cargas.

O objetivo deste trabalho é minimizar os custos de roteirização de uma empresa de logística no sudeste do Pará, localizado na cidade de Marabá. Nos dias atuais em que nos deparamos em meio a uma pandemia, os serviços de entregas devido aos altos volumes de compras on-line, tem crescido exponencialmente nos últimos 10 meses. O que impacta nos serviços logísticos da companhia, por vezes a alta demanda de produtos leva a possíveis atrasos devido sua rota. Em vista que a empresa atendente “X” cidade do interior paraense, como esta atividade.

Para se alcançar uma solução ótima solucionando o problema de roteirização precisamos conhecer as rotas, caminhos mais curtos, otimização de frota e disponibilidade de mão de obra para o melhor desenvolvimento da tarefa a ser desempenhada. A roteirização é a atividade que tem por fim buscar os melhores trajetos que um veículo deve fazer através de uma malha (BALLOU, 2017).

A correta distribuição da frota na execução das atividades deve otimizar a demanda da companhia reduzindo custos com combustível e manutenção prematura dos veículos utilizados na entrega de produtos. Ainda para Ballou (2017) a decisão das melhores rotas passa por definir em uma rede de vias os caminhos mais curtos, de menor tempo ou uma combinação destes.

Sendo assim este trabalho visa estudar a melhor forma para atender os clientes distribuídos geograficamente dispersos de forma econômica e ágil buscando a solução ótima, com o auxílio do software AIMMS um software para resolver o problema de otimização.

O seguinte trabalho foi estruturado em cinco seções. Na primeira seção apresenta-se a introdução, contendo a contextualização do estudo, além do objetivo do trabalho. Na segunda seção é levantado a teoria que abrange a Roteirização. Na terceira seção mostra-se o modo em que o estudo foi realizado, assim como o tipo de pesquisa. Na quarta seção apresenta-se as características da empresa estudada. Na quinta seção é apresentada os resultados da análise. E por fim, na sexta seção é feita algumas considerações acerca do trabalho.

2. Fundamentação teórica

2.1. Logística

Martins e Alt (2005, p.252) descrevem que “a logística é responsável pelo planejamento, operação e controle de todo fluxo de mercadorias e informação, desde a fonte fornecedora até o consumidor”. Os autores ainda afirmam que esta é a área da gestão responsável por prover recursos, equipamentos e informações para a execução de todas as atividades de uma organização, seja ela pública ou privada.

Ballou (2009) descreve a logística como a junção de quatro atividades básicas: Aquisição, movimentação, armazenagem e entrega de matérias, peças e produtos. A finalidade da logística é ter insumos corretos, na quantidade exata, com qualidade, no lugar certo, ao tempo adequado, com preços justos para propiciar maior grau de satisfação ao cliente. Entre as atividades da logística estão o transporte, a movimentação de materiais, o armazenamento, o processamento de pedidos e o gerenciamento de informações.

2.2. Transporte

Bowersox e Closs (2011) afirmam que o transporte desempenha um fator chave dentro da logística, uma vez que torna disponível a comercialização de produtos fabricados em distintas localidades, ligando pontos de origem a pontos de destino, reduzindo possíveis custos financeiros, temporais e ambientais.

Segundo Ballou (2017) os custos de transporte costumam, geralmente, representar de um a dois terços dos custos integrais em logística. O autor afirma que a quantidade de viagens que cada veículo pode realizar em um determinado período de tempo e os custos totais de transporte são influenciados pelo tempo em que as encomendas passam no trânsito. Por conta disso, é de grande importância elevar a qualidade desse processo utilizando, com eficiência, os recursos de transporte. Dessa forma, um determinante essencial de melhoria do serviço de transporte é descobrir, em uma rede de rotas, os melhores roteiros para os transportes a fim de minimizar as distâncias dos caminhos, o tempo e o custo da operação logística.

Para Cunha (2000, p.51, apud LIMA; SCHEBELESKI, 2013) a roteirização é o processo de determinar um ou mais roteiros ou sequências de paradas que deverão ser cumpridas pelos veículos de uma frota, com o objetivo de visitar um conjunto de cidades afastadas geograficamente, que necessitam de atendimento. Esta definição é denominada de problema do caixeiro viajante, em que consiste em encontrar o roteiro a ser percorrido pelo caixeiro viajante que minimize a distância total percorrida e garanta que cada ponto seja visitado uma única vez. Enomoto e Lima, (2007). Alegam que, no que se refere à programação e roteirização de veículos, algumas das características principais são: tipo de frota; tamanho disponível da frota; natureza da demanda; localização da demanda; garagem dos veículos; restrições de capacidades dos veículos; características da rede; custos; requisitos de pessoal; objetivos. (apud Amaral *et al.* 2014)

Alguns princípios dão condições de encontrar soluções apropriadas para problemas de roteirização e programação. Os oito princípios para uma boa roteirização e programação, apresentados por Ballou (2017), são:

- 1) **Carregar veículos com volumes destinados a paradas que estejam mais próximas entre si.** A fim de minimizar o tráfego entre elas e minimizar o tempo total em trânsito desse roteiro.
- 2) **Paradas em dias diferentes devem ser combinadas para produzir agrupamentos concentrados.** Isso contribui para a minimização do número de veículos necessários para servir todas as paradas e também diminui o tempo de viagem e a distância a ser percorrida.
- 3) **Comece os roteiros a partir da parada mais distante do depósito.** Roteiros mais eficientes são desenvolvidos pela elaboração de agrupamentos de paradas em torno das paradas mais distantes do depósito.

- 4) **O sequenciamento das paradas num roteiro de caminhões deve ter forma de lágrima.** O sequenciamento das paradas deve ser feito de modo que não ocorra nenhuma sobreposição entre elas.
- 5) **Os roteiros mais eficientes são aqueles que fazem uso dos maiores veículos disponíveis.** Devido ao fato que, no roteiro ideal, deve-se dar preferência ao uso do veículo com capacidade suficiente para abastecer todas as paradas de um roteiro. Isso minimiza a distância e o tempo percorrido para servir todas as paradas.
- 6) **A coleta deve ser combinada nas rotas de entrega em vez de reservada para o final dos roteiros.** A fim de minimizar o número de sobreposições de roteiros que possa acabar ocorrendo.
- 7) **Uma parada removível de um agrupamento de rota é uma boa candidata a um meio alternativo de entrega.** Paradas isoladas, principalmente as com baixo volume, costumam elevar o custo e tempo dos motoristas e despesas do veículo. A utilização de transporte terceirizado e/ou veículos menores para servir essas paradas pode resultar em mais economia.
- 8) **As pequenas janelas de tempo de paradas devem ser evitadas.** As restrições das janelas de tempo nem sempre são absolutas, qualquer parada inadequada deve ter seus limites de janela de tempo renegociados e ampliados sempre que possível.

2.3. Problema de roteamento de veículo (PRV)

Bittencourt (2010) menciona que as rotas do PRV são compostas por veículos que partirão de um ou mais depósitos para um número determinado de clientes geograficamente dispersos e sujeitos a restrições.

O problema de roteamento de veículos (PRV) é representado por um grafo orientado completo $G = (N, E)$, em que $N = C \cup \{0, n + 1\}$, $C = \{1, \dots, n\}$ é o conjunto de nós que representam os clientes, e $0, n + 1$ são os nós que representam o depósito. O Conjunto $E = \{(i, j): i, j \in N, i \neq j, i \neq n + 1, j \neq 0\}$ corresponde aos arcos associados às conexões entre os nós. Nenhum arco termina no nó 0 ou começa no nó $n + 1$. Em que, o custo C_{ij} e o tempo de viagem T_{ij} associam-se ao arco $(i, j) \in E$. Cada cliente i tem uma demanda d_i . Um conjunto K de veículos idênticos, cada veículo $k \in K$ com capacidade Q , se encontra no depósito. X_{ijk} será igual a 1 se o veículo k percorrer o arco (i, j) ou igual a 0 , caso contrário. (ARENALES, 2011)

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in E} C_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} X_{ijk} = 1 \quad \forall i \in C \quad (2)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} X_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} X_{ijk} \leq D \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} X_{0jk} = 1 \quad \forall k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} X_{ihk} - \sum_{j \in N} X_{hjk} = 0 \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} X_{i,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall k \in K \quad (8)$$

$$X \in B^{K|E|} \quad \forall k \in K \quad (9)$$

No caso de roteamento de veículo com janelas de tempo (PRVJT), o veículo pode chegar em um cliente antes de sua janela de tempo e esperar sem que haja custo. S_{ik} = momento em que o veículo k inicia o serviço para o cliente i .

Restrições adicionais:

Se o veículo k sai do nó i e chega ao nó j , não pode chegar em j antes de $s_{ik} + t_{ij}$:

$$X_{ijk}(S_{ik} + T_{jk}) \leq 0 \quad \forall (i,j) \in E, k, \forall k \in K \quad (10)$$

Todas as janelas de tempo devem ser respeitadas:

$$a_i \leq S_{ik} \leq b_i \quad \forall i \in N - \{0\}, \forall k \in K \quad (11)$$

A restrição (10) é equivalente à:

$$S_{ik} + T_{ij} \leq S_{jk} + (1 - x_{ijk})M_{ij} \quad \forall (i,j) \in E, k \in K, \forall k \in K \quad (12)$$

A função objetivo (1) minimiza o custo integral das rotas. A restrição (2) garante que para cada cliente i é destinado um único veículo. A restrição (3) impõem que a demanda total de cada rota do veículo k não ultrapasse a capacidade Q do veículo. A restrição (4) assegura que a duração de cada rota do veículo k não ultrapasse o limite D . As restrições de fluxo em redes, que exigem que cada veículo k saia do depósito (nó 0) apenas uma vez, deixe o nó h se e somente se entrar neste nó e retorne ao depósito uma única vez, são representadas pelas restrições (5), (6) e (7). As restrições (8) asseguram a inexistência de subrotas, e a restrição (9) indica o tipo de variável. O modelo referente ao PRVJT abarca em (1) e se sujeita a (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (11) e (10) ou (12). A restrição (11) limita o tempo total de viagem.

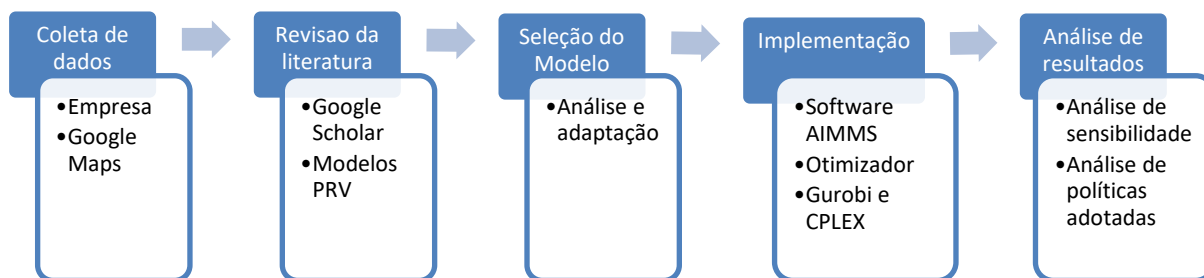
3. Metodologia

Os procedimentos utilizados no trabalho de Moah *et al.* [2016] serviram de orientação para a elaboração deste trabalho. As seguintes ações foram efetuadas para a implementação do modelo de roteirização de veículos:

- a) Coleta de dados: Os dados foram coletados através da aquisição dos registros da empresa referentes a demanda dos clientes, tamanho da frota, capacidade dos veículos, custos e consumo de combustíveis, entre outros. Seguidamente, algumas outras informações externas, como as distâncias do percurso do centro de distribuição para os clientes e de cada cliente para os demais foram coletadas. Para o levantamento dessas informações não relativa à empresa utilizou-se o site Google Maps.
- b) Revisão da literatura: A busca por modelos de roteirização foi realizada através de uma sucinta revisão da literatura em artigos e livros que apresentassem modelos com restrições distintas, porém, com propósitos iguais. Para o caso da empresa estudada, foi analisado o modelo que mais se adequa ao problema. A busca pelos artigos foi feita pelo mecanismo Google Scholar.
- c) Escolha do modelo mais adequado: após averiguar os modelos encontrados na literatura, o modelo de ARENALES (2011) foi o escolhido por ser o mais apropriado ao caso da empresa estudada, pela fácil compreensão e aplicabilidade, considerando a característica da frota da empresa.
- d) Execução do modelo no software AIMMS: o modelo escolhido foi executado no software de modelagem AIMMS e testado com o propósito de analisar os resultados e se o mesmo oferecia soluções.

e) Análise dos resultados: Em suma, os resultados obtidos foram analisados comparando alguns critérios, como: custos totais, taxa de utilização dos veículos, entre outros. O passo a passo empregado no trabalho pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia utilizada



Fonte: Autores (2021)

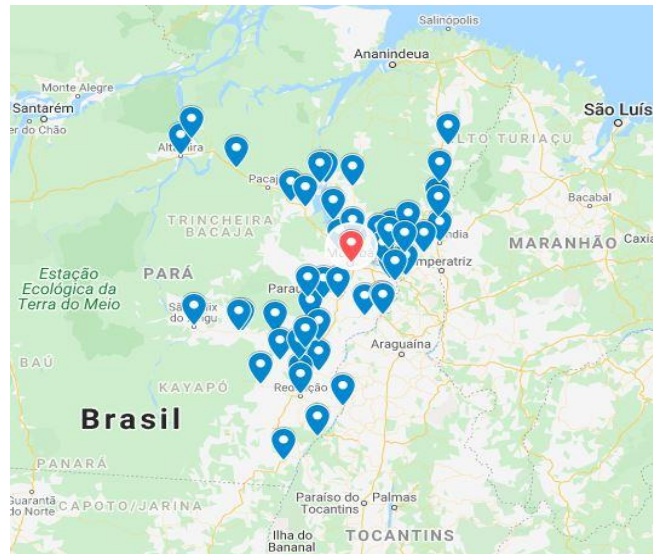
4. Estudo de caso

A empresa estudada trata-se de uma filial do ramo de logística e transportes de encomendas e cargas localizada no município de Marabá-PA. A empresa atua em todo território nacional através de franquias, prestando serviços de coletas e entregas de encomendas, com serviços customizados para qualquer modalidade em todo território nacional.

No caso da filial estudada, a empresa atende 53 clientes geograficamente dispersos nos estados do Pará, Tocantins e Maranhão. Os custos diários com transporte variam entre R\$1500,00, quando não se atende à todas as demandas, e R\$2100,00 quando se atendem todas as demandas. A empresa possui frota própria composta por 2 Vans, 5 Saveiros e 6 Fiorinos. Cada veículos possui capacidade de 1200, 670 e 650 quilogramas, respectivamente. Em relação ao consumo a Van Ducato, Van Master, Saveiro e Fiorino realizam 11, 12, 12,4 e 11,8 quilômetros por litro, respectivamente. Na Figura 2 mostra-se o mapa dos clientes.

Foi realizada a aplicação do modelo sugerido a uma operação da filial. Os dados extraídos referem-se a atuação da empresa no mês de janeiro de 2021, em que a mesma recebeu várias solicitações de entregas para cidades distintas, onde, cedida a quantidade de encomendas, a empresa disponibilizava um veículo mais adequado ao tipo de carga. Também foi considerado o preço do combustível do período da operação no qual era de 4,99 reais no local em que se realizavam os abastecimentos.

Figura 2 – Mapa dos clientes



Fonte: Autores (2021)

5. Análise dos resultados

O modelo foi introduzido no software AIMMS e executado para análise das demandas diárias do mês de janeiro de 2021. Para a observação da demanda utilizou-se o solver CPLEX 12.1, em que o mesmo apresentou 42333 restrições, além de um gap de 21,70% (R\$2250,83) em relação a relaxação linear. A inspeção durou 48 minutos. Após utilizar praticamente toda a memória RAM disponível o software parou a execução. O resultado pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Resultado da análise das demandas

Progress	
READY	
AMMS	: Rot_po2_G5.ams
Math Program	: RESOL
# Constraints	: 42333
# Variables	: 42225 (41496 integer)
# Nonzeros	: 329057
Model Type	: MIP
Direction	: minimize
SOLVER	: CPLEX 12.10
Phase	: MIP
Iterations	: 1922947 (Threads: 8)
Nodes	: 68345 (Left: 56831)
Best LP Bound	: 1762.400767 (Gap: 21.70%)
Best Solution	: 2250.835296
Solving Time	: 2907.25 sec (Peak Mem: 15093.1 Mb)
Program Status	: Integer solution
Solver Status	: Terminated by solver
Total Time	: 2909.48 sec
Memory Used	: 431.6 Mb
Memory Free	: 15349.7 Mb

Fonte: Autores (2021)

Antes de partir para outro software ou outro método de solução para o problema mudou-se o solver com intuito de verificar se ainda era possível alcançar solução aceitável. Utilizou-se o solver Gurobi 9.0. O mesmo apresentou 42333 restrições, assim como o CPLEX. Porém, com um gap de apenas 6,65% em relação a relaxação linear, mas com um tempo de inspeção de 241 minutos, o que equivale a 4 horas. Como os roteiros de viagem de cada veículo são planejados com 24 horas de antecedência o tempo de execução foi considerado aceitável pela empresa. O Gurobi retornou um valor de R\$1957,46 de custos diários com transporte ao atender todas as demandas. Ou seja, R\$142,54 economizados diariamente, uma redução de 7% nos custos com transporte. O resultado pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Resultado da análise dos custos

Progress	
READY	
AMMS	: Rot_po2_G5.ams
Math.Program	: RESOL
# Constraints	: 42333
# Variables	: 42225 (41496 integer)
# Nonzeros	: 329057
Model Type	: MIP
Direction	: minimize
SOLVER	: GUROBI 9.0
Phase	: MIP
Iterations	: 20958274
Nodes	: 310684 (Left: 199386)
Best LP Bound	: 1827.350618 (Gap: 6.65%)
Best Solution	: 1957.461011
Solving Time	: 14478.59 sec (Peak Mem: 5376.2 Mb)
Program Status	: Integer solution
Solver Status	: User interrupt
Total Time	: 14480.84 sec
Memory Used	: 4509.9 Mb
Memory Free	: 7996.2 Mb

Fonte: Autores (2021)

O modelo também analisou as melhores rotas que cada veículo poderia percorrer, considerando o tipo da frota e demanda diária da empresa. Segue abaixo a Tabela 1 contendo os roteiros percorrido por cada veículo da empresa.

Tabela 1 - Roteiro percorridos

Roteiros percorridos
Van Master
CD – 45 - 55 – 38 – 48 – 8 – 32 – 50 – 44 – 12 – 19 – 39 – 37 – 24 – 18 – 42 – 49 – 9 – 54 – 10 – 33 – 29 – 31 – 51 – 15 – 25 – 28 – CD
Distância percorrida: 3373 km

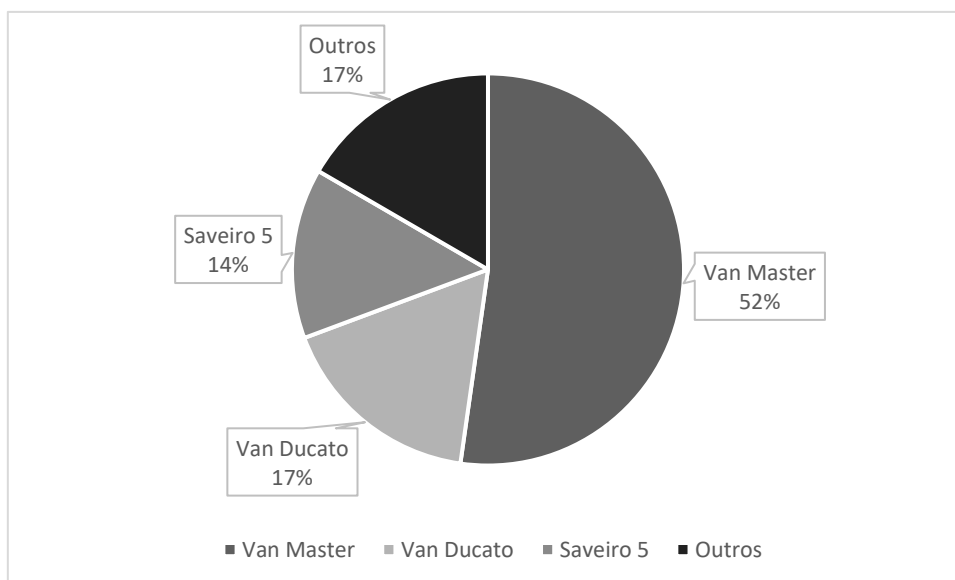
Van Ducato
CD - 40 - 56 - 16 - 36 - 20 - 22 - CD
Distância percorrida: 1102 km
Saveiro 5
CD - 13 - 47 - 6 - 41 - 21 - 35 - 52 - 26 - 7 - 17 - 53 - CD
Distância percorrida: 907 km
Saveiro 4
CD - 46 - CD
Distância percorrida: 321 km
Saveiro 3
CD - 23 - CD
Distância percorrida: 204 km
Saveiro 2
CD - 43 - CD
Distância percorrida: 111 km
Saveiro 1
CD - 30 - CD
Distância percorrida: 123 km
Fiorino 6
CD - 2 - CD
Distância percorrida: 9,7 km
Fiorino 5
CD - 4 - CD
Distância percorrida: 32,6 km
Fiorino 4
CD - 1 - CD
Distância percorrida: 5,3 km
Fiorino 3
CD - 23 - CD
Distância percorrida: 204 km
Fiorino 2
CD - 5 - CD
Distância percorrida: 52 km
Fiorino 1

CD - 3 - CD
Distância percorrida: 10,9 km

Fonte: Autores (2021)

Para o atendimento de 53 clientes foi utilizada toda a frota da empresa, sendo que o veículo Van Master atendeu o maior número de clientes, totalizando 26. O Saveiro 5 atendeu 11 e a Van Ducato 6 clientes, cada um dos outros 10 veículos destinaram-se ao atendimento de 1 cliente. A Van Master percorreu 52% da distância total percorrida pela frota, seguida da Van Ducato que percorreu 17%, Saveiro 5 14% e os demais, 17% somados. A Figura 5 mostra o percentual da distância percorrida pelos veículos.

Figura 5 - Percentual da distância percorrida



Fonte: Autores (2021)

6. Conclusão

Através do modelo executado no software AIMMS, ao utilizar o otimizador Gurobi, foi possível encontrar um roteiro melhor que o atual da empresa, haja vista que o custo médio da empresa para visitar todos os clientes é de R\$2100,00. Esses custos sofrem variação dependendo do peso da carga e do motorista. Os custos gerados e analisados são referentes ao serviço de entrega em 24 horas, considerando a frota, demanda e distâncias reais.

O modelo executado considerou que todos os clientes deveriam ser atendidos e que toda frota da empresa deveria ser utilizada no período. Os resultados retornados pela análise se mostraram viáveis por gerar uma redução de 7% dos custos com transporte da empresa. Também foi possível perceber as grandes diferenças nas taxas de utilização de cada veículo. Na simulação a Van Master percorreu mais da metade da distância percorrida por toda a frota, além de realizar mais da metade dos atendimentos, dado esse que pode ser explicado devido ao fator custo benefício, uma vez que esse veículo apresenta uma capacidade de carga em relação ao consumo de combustível melhor que os demais.

Com exceção do saveiro 5 todas as outros Saveiros tiveram apenas um único cliente como destino, todos, com distancias percorridas superiores a 100km, sendo assim responsáveis por entregas de grandes volumes/peso para um único destino. Já as Fiorinos, exceto a número 3, foram responsáveis por entregas menores, com distancias inferiores a 100km, mas também para um único cliente.

Como proposta de estudos futuros indicamos a implementação de métodos de solução mais refinados como Decomposição de Benders ou uma heurística com intuito de melhorar a solução ou encontrar o ótimo, haja vista que ainda restou um gap de 6,65% em relação a relaxação linear.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CNT TRANSPORTE ATUAL. **Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil> > Acesso em: 21 fev. 2021

SETRAN-PA. **Modal Rodoviário**: Infraestrutura em transporte e mobilidade intermunicipal. 2016. Disponível em: <[https:// http://setran.pa.gov.br/site/Conteudo/20](https://http://setran.pa.gov.br/site/Conteudo/20)> Acesso em: 21 fev. 2021

MARCHETTI, Dalmo dos Santos; FERREIRA, Tiago Toledo. Situação atual e perspectivas da infraestrutura de transportes e da logística no Brasil In: **BNDES 60 anos: perspectivas setoriais**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2005.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. **Logística empresarial**: O processo de integração da cadeia de suprimentos. 1ª ed. – 10. Reimp. São Paulo, Atlas, 2011.

LIMA, Claudia Teles; SCHEBELESKI, Marcos. Logística de roteirização para uma indústria de laticínios da região de Campo Mourão: um estudo de caso. **VIII EPCT – Encontro de Produção Científica e Tecnológica**, 2013

AMARAL, D. B. M.; SOUZA, A. W.; OI, R. K.; CARNEIRO, J. B.; SANTOS, R. M. **Estudo de roteirização de veículos com aplicação da técnica de varredura para cargas fracionadas**. XI SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2014.

BITTENCOURT, Gustavo Cunha de. **Modelagem e implementação de um sistema computacional para a solução de um problema de roteamento de veículos (PRV) com o uso da metaheurística busca dispersa (Scatter search)**. Juiz de Fora: UFJF, 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

ENOMOTO, Leandro Minoru; LIMA, Renato da Silva. Análise da distribuição física e roteirização em um atacadista. **Prod.**, São Paulo, v. 17, n. 1, abr. 2007.

ARENALES, Marcos [et al.] **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011