

**Aplicação de ferramenta computacional na otimização e mitigação de custos na roteirização da logística de transporte de cargas****Application of computational tool in the optimization and mitigation of costs in routing of charge transport logistics**

DOI:10.34117/bjdv5n7-011

Recebimento dos originais: 13/05/2019

Aceitação para publicação: 06/06/2019

**Jaísa Aparecida Costa Gomes**

Bacharel em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário UNA - Campus Barreiro

Instituição: Centro Universitário UNA - Campus Barreiro

Endereço: Avenida Afonso Vaz de Melo, 465 - Barreiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: jaisaamorim@gmail.com

**José Ronaldo Tavares Santos**

Mestre em Engenharia em Gestão de Processos e Sistemas pelo IETEC - Instituto de Educação Tecnológica

Instituição: Centro Universitário UNA - Campus Barreiro

Endereço: Avenida Afonso Vaz de Melo, 465 - Barreiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: jose.tavares@prof.una.br

**Gustavo Vinícius Duarte Barbosa**

Mestre em Engenharia Elétrica pela UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Cindacta 1, Comando da Aeronáutica, DTCEA - CF

Endereço: Aeroporto Internacional de Confins km 9 s/n, LMG-800, 7, Confins – MG, Brasil

E-mail: gustavogvdb@fab.mil.br

**Giordani Bruno de Carvalho**

Especialista em Gestão Estratégica de Negócios pela UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

Instituição: Centro Universitário UNA - Campus Barreiro

Endereço: Avenida Afonso Vaz de Melo, 465 - Barreiro, Belo Horizonte – MG, Brasil

E-mail: giordani.carvalho@prof.una.br

**RESUMO**

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o transporte de cargas por meio rodoviário é o mais predominante no Brasil, onde a sua movimentação responde de um a dois terços dos custos logísticos totais do país. Do ponto de vista econômico, empresas com atividades logísticas mais eficientes têm maior competitividade e maior sustentabilidade no mercado, portanto, para que isso ocorra é necessária a mitigação dos custos e das distâncias nas rotas de transporte. O objetivo principal deste artigo é apresentar um estudo de caso em uma empresa do ramo de transporte de materiais de

construção civil, localizada na região centro-sul de Belo Horizonte, buscando demonstrar como a roteirização e a modelagem computacional podem contribuir na redução dos custos da logística de transporte dessa empresa. A metodologia da pesquisa é do tipo aplicado, com abordagem quantitativa, onde são obtidos os dados com o cenário de entrega atual, e além desses, os novos cenários após a aplicação da modelagem e tomada de decisão, empregando a ferramenta computacional *solver* do Microsoft Excel®. Os resultados obtidos evidenciaram a potencialidade da otimização na roteirização de veículos e a redução dos custos de transporte. Conclui-se, por conseguinte, a necessidade de utilização de ferramentas computacionais e conceitos da pesquisa operacional como elementos de auxílio na otimização no processo de roteirização.

**Palavras-chave:** Modelagem computacional, Pesquisa Operacional, Transporte.

## **ABSTRACT**

According to data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), freight transport by road is the most predominant in Brazil, where its movement accounts for one to two thirds of the total logistics costs of the country. From the economic point of view, companies with more efficient logistics activities have greater competitiveness and greater sustainability in the market, so for this to happen it is necessary to mitigate costs and distances in transport routes. The main goal of this paper is to present a case study in a construction materials transportation company, located in the south-central region of Belo Horizonte, aiming to demonstrate how routing and computational modeling can contribute to the reduction of costs of transportation logistics company. The methodology of the research is of the applied type, with a quantitative approach, where the data are obtained with the current delivery scenario, and besides these, the new scenarios after the application of the modeling and decision making, using the Microsoft Excel solver computational tool ®. The results obtained evidenced the potential of the optimization in vehicle routing and the reduction of transport costs. It is concluded, therefore, the need to use computational tools and concepts of the operational research as elements of aid in the optimization in the routing process.

**Keywords:** Computational modeling, Operational Research, Transportation.

## **1 INTRODUÇÃO**

O transporte de cargas constitui em um dos elementos mais importantes nos custos logísticos para inúmeras empresas, absorvendo de um a dois terços do custo logístico total. Portanto, é importante que haja uma distribuição eficiente, ou seja, um menor custo para ambas as partes (prestador do serviço e contratante) e que proporcione agilidade, confiabilidade e segurança ao cliente, tornando a estratégia competitiva mais dinâmica [1].

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [2], o modal rodoviário é predominante no Brasil. Esse modal pode se tornar oneroso e inviável quando considerados os quesitos como o excesso de veículos trafegando nas rodovias e vias

urbanas, a poluição ambiental causada pelos veículos, o aumento nos insumos relacionados aos custos de entregas e o tempo para se percorrer um determinado roteiro de distribuição de cargas.

Sabendo-se da maior utilização do modal rodoviário na matriz de transporte brasileira, e compreendendo que as empresas precisam antecipar às tendências de mercado, gerando respostas rápidas e eficazes aos clientes, justifica-se a necessidade de utilização de técnicas de pesquisa operacional, especificamente a roteirização, e o uso de ferramentas computacionais, que por sua vez auxiliam na otimização dos processos de distribuição.

Nesse contexto, o presente artigo aborda a logística de transporte e o problema da definição de rotas de veículos em um cenário de transporte de cargas, diante da importância do planejamento da logística de transporte e benefícios que a solução de roteirização pode proporcionar às empresas que trabalham com distribuição física. Neste trabalho é realizado um estudo de caso em uma distribuidora de materiais de construção civil na região centro-sul de Belo Horizonte, buscando demonstrar como a roteirização pode contribuir na redução de custos da logística de transporte dessa empresa.

A roteirização possibilita que se encontre a melhor rota, de maneira que a demanda de todos os clientes seja atendida. Com a otimização das rotas diminui-se o tempo de resposta ao cliente (*Lead Time*) e a distância percorrida. Com isso, a empresa aumenta sua vantagem competitiva.

Com a finalidade de responder ao problema de pesquisa proposto, o objetivo geral deste artigo é demonstrar a utilização da roteirização, modelagem e uso da simulação computacional, partindo de um estudo de caso em uma distribuidora de materiais de construção civil, localizada na região centro-sul de Belo Horizonte, e visando a redução de custos logísticos de transporte, com os seguintes objetivos específicos: Avaliar o funcionamento atual da logística de transporte dessa empresa, identificar os custos logísticos atuais de transporte, analisar e identificar o melhor método de roteirização, com possíveis reduções de custos e distâncias de transporte.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. LOGÍSTICA**

De acordo com [3], a logística originou-se na Segunda Guerra Mundial onde esteve relacionada à movimentação de tropas, armamentos e munições. Contudo, quando o conceito migrou para o mundo dos negócios ele referiu-se à preparação e movimentação de

produtos finais das organizações fabris até os clientes. Esse entendimento da viabilidade da aplicação da logística em organizações civis se deu pela necessidade de suprir a reconstrução das cidades e dos países que foram atingidos pela guerra.

O processo logístico, segundo [4], é o planejamento da movimentação de materiais e informações com o objetivo de entregar ao cliente o produto e/ou serviço na qualidade e no tempo desejado ao menor custo possível. Os ganhos extraordinários resultantes do domínio das atividades logísticas estão proporcionando alterações nesse setor, e um maior número de empresas utiliza a logística como fator estratégico.

Para [5], a logística é o processo de planejar, implementar e controlar de forma econômica, eficiente e efetiva. O fluxo logístico começa no fornecedor, percorre todo o processo de fabricação, depois a armazenagem de matéria prima, dos materiais em processo e dos produtos acabados, seguindo até o varejista, para atingir finalmente o consumidor final.

## 2.2. ATIVIDADES LOGÍSTICAS

De acordo com [6], as atividades logísticas se dividem em primárias e secundárias. As atividades primárias são compostas pelo processamento de pedido, gestão de estoque e transportes, e as atividades secundárias são constituídas pela Armazenagem, Manuseio de Materiais, Embalagem, Obtenção/Suprimento e Programação de Produtos.

As atividades primárias são aquelas que contribuem com a maior parcela do custo total da logística ou elas são essenciais para a coordenação e o cumprimento da tarefa logística. [7] conceitua as atividades primárias da seguinte forma:

- O processamento de pedido: É o recebimento e análise dos pedidos dos clientes, a separação e a expedição dos itens que compõem o pedido.
- Gestão de estoque: Consiste em identificar os itens que devem ser estocados, em que quantidades e seus intervalos de reposição.
- Transporte: É a atividade de movimentar matérias da origem até o seu destino, utilizando um único meio ou a combinação de vários meios de transporte.

## 2.3. LOGÍSTICA DE TRANSPORTE

A logística de transporte pode ser definida como um método adotado para movimentar pessoas ou bens de um local para o outro e um dos modais para transporte é o rodoviário. O transporte rodoviário é o transporte realizado em estradas, rodovias e ruas. Apesar de sua

importância, apresenta custos elevados devido aos altos valores pagos pelo petróleo, incluindo manutenção periódica do veículo. [8]

O transporte é essencial para a distribuição de produtos e no fornecimento de recursos produtivos para as organizações, por isso o transporte é tão importante na cadeia de suprimentos. O aumento na eficiência do transporte proporciona menor tempo em trânsito das mercadorias, sendo possível melhorar a prestação de serviço aos clientes. [5] confirma essa ideia dizendo que “uma indústria precisa transportar seus produtos da fábrica para os depósitos ou para as lojas de seus clientes; precisa também providenciar e armazenar matéria-prima em quantidade suficiente para garantir os níveis de fabricação planejados”. Ainda esclarece [9], “o transporte tem função básica de proporcionar aumento da disponibilidade de bens e permitir o acesso a produtos que de outra maneira não estariam disponíveis para uma sociedade ou estariam disponíveis a um elevado preço”.

#### 2.4. CUSTOS LOGÍSTICOS DO TRANSPORTE

Os custos de transporte representam a maior parcela dos custos logísticos na maioria das empresas e chegam a representar até 60% dos custos logísticos. [10]

De acordo com [10], quando se analisa a participação que cada modal de transporte possui na matriz de carga do Brasil, é possível perceber praticamente um monopólio do transporte rodoviário. Nesse modal de transporte existem vários custos que devem ser considerados na gestão de transporte de produtos, esses podem ser classificados conforme [1] em: custos variáveis (variam de acordo com serviços ou volume) e custos fixos (invariáveis).

Custos fixos são a depreciação do veículo, a remuneração do capital, os salários e as obrigações trabalhistas e seguros. Os custos variáveis incluem normalmente os gastos com combustível, lubrificação, equipamentos de manutenção e pneus. [10]

Segundo [11], em relação ao transporte rodoviário de cargas, exemplifica alguns fatores que determinam variações nos custos ou em sua formação, são eles:

- Quilometragem percorrida - quanto maior, menor o custo final por quilometro, pois, o custo fixo é dividido pela quilometragem;
- Tipo de tráfego - em áreas urbanas o veículo consome mais combustível;
- Tipo de via-as condições da rodovia influenciam os custos;
- Região - dependendo do local onde a transportadora está instalada, pode haver variações no valor dos salários, combustíveis, impostos, entre outros;

- Porte do veículo - quanto maior a capacidade de carga do veículo, menor o custo da tonelada por quilômetro;
- Desequilíbrio nos fluxos - quando não há carga de retorno, ocorre um aumento no custo do transporte.

O aumento da eficiência do transporte rodoviário, a partir da descoberta de melhores rotas para os veículos, no intuito de minimizar as distâncias e os tempos, pode reduzir os custos do transporte e causar melhorias na prestação de serviço aos clientes. Conforme [12], o custo logístico está se tornando cada vez mais um diferencial competitivo, tanto para empresas que prestam serviços de transporte como também para as empresas que se utilizam desses serviços a fim de que possam se sustentar no mercado.

## **2.5 ROTEIRIZAÇÃO**

O processo denominado roteirização é um processo de planejamento prévio das entregas, através do ordenamento de um roteiro lógico determinado pela capacidade do veículo transportador, considerando distâncias dos percursos e o tempo necessário de cada entrega. Isso se faz necessário devido à racionalização do uso da frota rodoviária [8].

De acordo com [1], a roteirização pode ser definida como o processo logístico que tem por fim buscar o melhor trajeto que o veículo deve percorrer, com o objetivo de diminuir o tempo ou a distância. Para reduzir os problemas de roteirização existem três tipos básicos:

- Ponto de origem e destino diferentes - é o mais utilizado, acontece geralmente com varejistas, atacadistas e vendas do e-commerce utilizando o trajeto mais curto.
- Ponto de origem e destinos múltiplos - ocorre geralmente quando há mais de um armazém ou fornecedores tem uma dificuldade de encontrar a melhor rota que são vários pontos de origem.
- Pontos de origem e destino coincidentes - o ponto de origem e destino são os mesmos, os veículos de transporte são da própria empresa.

Segundo [5], há dois métodos que podem ser agrupados em métodos de construção de roteiro, os quais usam regras que podem ser seguidas. Um método é ligar cada ponto ao seu cliente mais próximo, estabelecendo um ponto inicial e procurar os demais clientes, para montar um roteiro que pode ser não o mais eficaz, porém é o mais rápido e pode ser utilizado como uma melhoria. E o método de melhoria de roteiro cria uma solução obtida com auxílio de outro método de construção procurando aperfeiçoar o resultado obtido, esses métodos podem ser aplicados em qualquer roteiro.

Os fatores fundamentais da roteirização, sendo: decisões, objetivos e restrições. As decisões se referem ao destino de cada cliente, os quais devem ser visitados e, seguidamente, serão entregues as mercadorias através dos motoristas e ajudantes. O objetivo é que, a partir do processo de roteirização, a empresa possa fornecer um alto nível de serviço para seus clientes a um menor custo operacional possível. As restrições são os recursos disponíveis que a empresa possui, tendo em vista o tempo, a distância a ser percorrida, capacidade de carga do veículo, as condições de velocidade, tempo médio de cada entrega (carga e descarga). [5]

## **2.6 PESQUISA OPERACIONAL**

[13] estabelece que a Pesquisa Operacional teve importantes usos durante a Segunda Guerra Mundial, quando pesquisadores buscavam técnicas para otimizar a utilização de recursos limitados e resolver problemas de gestão de operações e processos, sendo caracterizada pelo uso de técnicas empregando métodos matemáticos e estatísticos.

De acordo com [14], a observação inicial e a formulação de uma problemática estão entre os passos mais importantes para solucionar problemas em PO. A Pesquisa Operacional trata-se de um método científico, que busca obter a melhor solução (solução ótima) para um problema e, conseqüentemente, auxiliar empresas e gestores nas tomadas de decisões, proporcionando satisfação dos interesses envolvidos, adaptação dos meios necessários e consistência do curso da ação.

Entre essas técnicas estão a programação linear que utiliza funções e restrições lineares, programação inteira na qual se aplica valores inteiros, programação dinâmica na qual o modelo pode ser decomposto em subproblemas, otimização em redes onde o problema pode ser modelado em uma rede e programação não linear, na qual utiliza-se funções não lineares. A programação linear auxilia em diversas situações, como: logística do transporte, determinação da capacidade máxima, determinação de um esquema de fluxo de custo mínimo, fluxo de materiais, entre outros, podem ser eficientemente resolvidas se modelados como uma rede [15].

A tomada de decisão dos problemas de Otimização em Redes pode ser obtida por meio de algoritmos, tais como: Árvore geradora mínima, que trata de conectar todos os nós de uma rede, usando o comprimento total mais curto de ramos conectores; algoritmo de caminho mínimo, que determina o caminho mais curto entre um destino e uma origem de uma rede; algoritmo de fluxo máximo, o qual é baseado em achar rotas de passagem que

maximizam a quantidade total de fluxo da origem para o escoadouro (onde o fluxo termina); e algoritmo de caminho crítico, com o objetivo de fornecer meios analíticos para programar determinadas atividades [16].

### **3 MÉTODOS**

Este artigo parte do conceito de natureza aplicada. A pesquisa aplicada tem como propósito a geração de conhecimento para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos. [17]. A pesquisa apresenta também uma abordagem quantitativa, onde, segundo [18] "a pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros".

Partindo de um estudo de caso em uma distribuidora de materiais de construção civil, localizada na região centro-sul de Belo Horizonte, são realizadas análises em documentos, coletas de dados, a identificação do processo atual da logística de transporte e os impactos da aplicação da roteirização quanto a custos logísticos e melhoria do nível de serviço nas entregas dessa empresa.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste trabalho são levantados 7 (sete) principais clientes com maior receita da região sudeste da empresa objeto de estudo. Por meio de dados fornecidos pela empresa, os pontos de entregas da região são definidos como clientes 05, 14, 21, 22, 27, 28, 29 e CD (Centro de Distribuição). A Figura 1 ilustra a rota atual que o motorista realiza com a finalidade de atender a região.

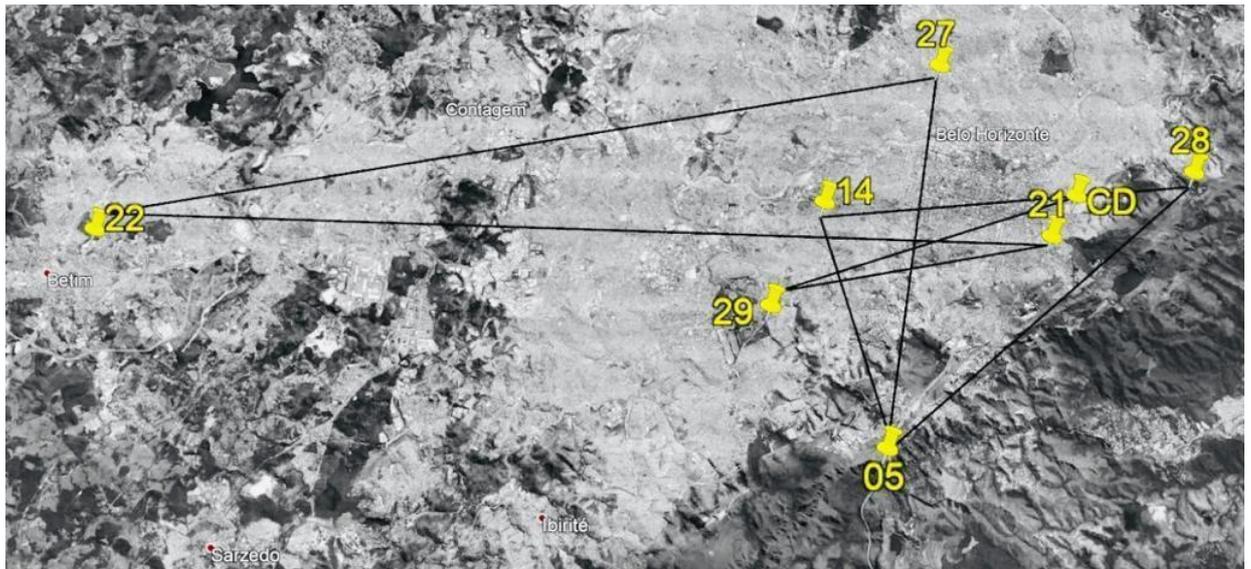


Figura 1: Demonstração da rota atual.

Para realização da rota atual o motorista segue da origem CD para os clientes 29-21-22-27-5-28-14 retornando ao final para o CD. Com essa rota o motorista percorre aproximadamente 192 quilômetros diários. O caminhão utilizado pela empresa consome o equivalente a 3,6 quilômetros por litro de diesel. Para atender a região sudeste são necessários 54 litros de combustível, diariamente. O custo mensal para atender a região sudeste é aproximadamente igual a R\$6.742,57, relativos ao combustível e aos custos variáveis com horas extras do motorista.

Para otimização da rota é desenvolvida a modelagem com o propósito de se obter a rota de menor custo, levando em consideração a origem CD (centro de distribuição), os destinos e a distância de cada entrega. O objetivo da fórmula é encontrar a solução de alocação de rota que represente o menor custo de entrega. Pelas características desse problema, a melhor forma de modelá-lo é como um problema de transportes e com todas as suas variáveis inteiras. O modelo é representado da seguinte maneira:

- Função objetivo, minimizar a distância de entrega:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 X_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

- Restrição 1, a cada origem somente um destino:

$$\sum_{j=1}^8 X_{ij} = 1 \quad (2)$$

- Restrição 2, a cada destino apenas uma origem:

$$\sum_{i=1}^8 X_{ij} = 1 \quad (3)$$

- Restrição 3, não pode alocar origem e destino iguais:

$$\sum_{j=1}^8 X_{ii} = 0 \quad (4)$$

- Restrição 4, o somatório de todas as origens para todos os destinos é 8:

$$\sum_{j=1}^8 \sum_{i=1}^8 X_{ij} = 8 \quad (5)$$

- Restrição 5, variáveis binárias:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ designado para } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

Onde:  $i$  = clientes;  $j$  = clientes;  $n$  = total de clientes;  $C_{ij}$  = distância de  $i$  para  $j$ ;  $X_{ij}$  = variável binária que indica se cliente  $i$  foi designado para o cliente  $j$ . Após a definição da modelagem construiu-se a matriz de distância (custo de cada entrega de  $i$  para  $j$ ). Essa, por sua vez, é calculada através da matriz de deslocamento entre os clientes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz Origem x Destinos (Distâncias em km).

Origem	Destino							
	CD	5	14	21	22	27	28	29
CD	0	12,2	13,3	3,3	37,5	7,9	7,9	24,4
5	12,2	0	11,9	10,9	33,6	22,8	25,3	9,3
14	9,9	13,5	0	9,4	28,3	8,4	16,6	8,6
21	2,3	10,6	12,9	0	40,5	7,2	9,7	16,5
22	35,4	32,8	29,2	34,7	0	39,6	47,3	28
27	7,3	23,3	9,3	7,2	36	0	11,5	16,3
28	7,8	17,8	17,8	9,3	42	11,7	0	23,5
29	16	7,1	6,2	15,3	30,7	17	24,2	0

Partindo dessa matriz, aplica-se a modelagem na ferramenta computacional Solver do Microsoft Excel®, como ilustra a Figura 2, onde todas as restrições foram cumpridas, com a realização de uma entrega para cada cliente com a menor distância.

The screenshot shows the Excel Solver interface. The Solver Parameters dialog box is open, showing the following settings:

- Definir Objetivo:** \$L\$25
- Para:**  Máx.  Mín.  Valor de: 0
- Alterando Células Variáveis:** \$L\$3:\$S\$10;\$L\$15:\$S\$22
- Sujeito às Restrições:**
  - \$L\$11:\$S\$11 = 1
  - \$L\$15:\$S\$22 <= \$B\$15:\$I\$22
  - \$L\$15:\$S\$22 = número inteiro
  - \$L\$3:\$S\$10 = binário
  - \$M\$23:\$S\$23 = 1
  - \$T\$3:\$T\$10 = 1
- Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas
- Selecionar um Método de Solução:** LP Simplex

The background spreadsheet shows a distance matrix with columns for 'Origem' (CD, 5, 14, 21, 22, 27, 28, 29) and 'Destino' (CD, 5, 14, 21, 22, 27, 28, 29). A 'Rota' row at the bottom shows the values: -7, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1.

Figura 2: Modelagem na ferramenta solver do Microsoft Excel®.

Partindo da modelagem, a nova rota simulada para otimização foi CD-28-27-14-22-29-5-21-CD, ilustrada na figura 3.

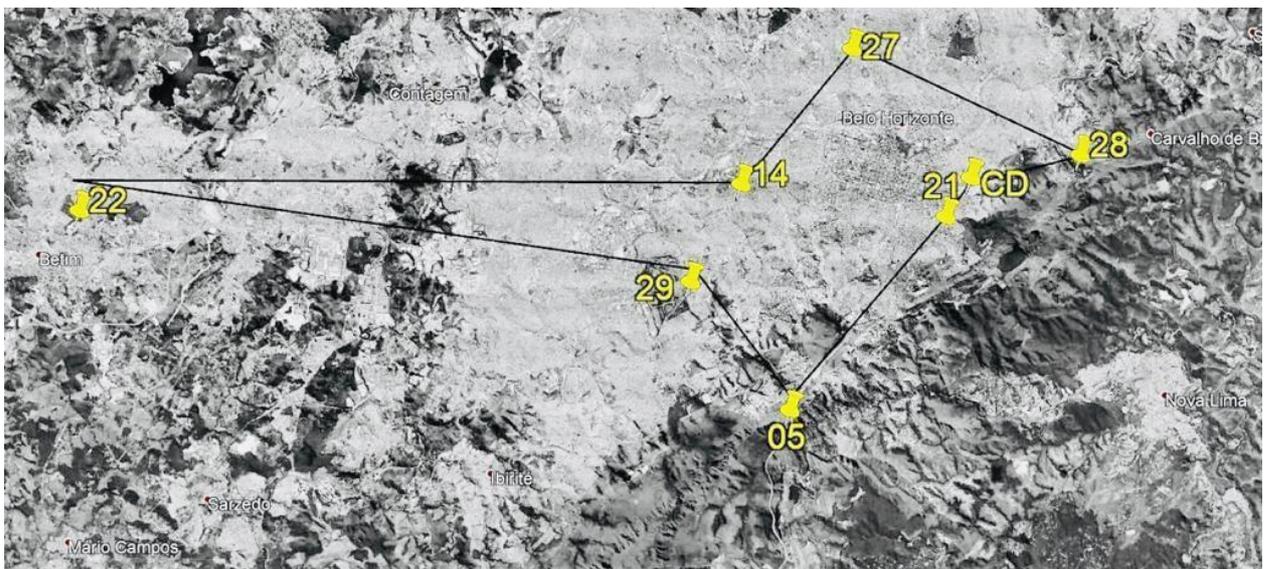


Figura 3: Demonstração da rota otimizada.

A roteirização que atende a função objetivo com o melhor trajeto que o veículo deve percorrer, com a finalidade de diminuir a distância, é a roteirização de ponto de origem e destinos diferentes e a roteirização que utiliza o trajeto mais curto.

A partir dessa nova proposição, é possível realizar a comparação de novos cenários antes e após a otimização, conforme mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Análise dos cenários.

<b>Cenários</b>	<b>Atual (mensal)</b>	<b>Simulado (mensal)</b>	<b>Redução (%)</b>
Distância Percorrida (km)	5.760	3.060	-46,9
Custo do Consumo de Combustível (R\$)	6.010,00	3.116,40	-48,1
Tempo do percurso (horas)	129,9	96	-26,1
Horas Extras (horas)	52,5	0	100,0

Observa-se nessa tabela que, com a rota otimizada, a empresa atenderá todos os clientes percorrendo ao invés de 192 quilômetros, 102 quilômetros. Isso equivale à redução de 54 para 28 litros de diesel por dia, totalizando um custo logístico mensal de R\$ 6.742,57 para R\$3.116,40 em combustível.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos são aceitáveis, onde é possível avaliar e identificar a rota atual da empresa, bem como os custos atuais da logística de transporte, concluindo então que a rota adotada pela empresa para a região sudeste não era viável e economicamente satisfatória.

Aplicando-se o método da pesquisa operacional e programação linear é possível obter uma nova proposição para redução em aproximadamente 48,1% nos custos e 46,9% da distância na logística de transporte, demonstrando a viabilidade técnica, operacional e econômica no uso da ferramenta computacional.

## REFERÊNCIAS

- [1] BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial. São Paulo: Atlas, 2007.
- [2] BRASIL, IBGE. Infraestrutura dos transportes no Brasil, 2014. Disponível em:

- <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/14707-asi-ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil.html>>. Acesso em: 03 mai. 2018
- [3] SLACK, N. et al. *Administração da Produção*. 1 ed. São Paulo. Atlas, 1997.
- [4] BALLOU, Ronald H. *Logística Empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.
- [5] NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. 6 reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 400 p.
- [6] MEIRIM, H. As atividades primárias da logística. Disponível em:  
<<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/as-atividades-primarias-da-logistica/14168/>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.
- [7] MORAIS, Roberto Ramos de. *Logística empresarial*, Curitiba: InterSaberes, 2015.
- [8] RODRIGUES, P. R. A. *Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e a logística internacional*. São Paulo: Aduaneiras, 2000. 148 p.
- [9] TAKAHASHI, S. *Avaliação ambiental do setor de transporte de cargas: Comparação de métodos*. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008. GOMES, Carlos Francisco Simões, *Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação*. São Paulo, 2004.
- [10] KLANN, R. et al. *Utilização da programação linear na otimização de resultados de uma empresa do ramo de transporte rodoviário de cargas*. Associação Brasileira de Custos, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p. 1-23, jan- abr 2010.
- [11] MASIERO, L. S. *Proposta de dimensionamento de frota para uma transportadora*. 2008. 103 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [12] ANDRADE, E. L. *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análises de Decisões*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

- [13] MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional – Curso Introdutório. 2. ed rev. São Paulo: Cenage Learning, 2010.
- [14] LACHTERMACHER, G. Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em excel. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- [15] TAHA, H. A. Pesquisa operacional: uma visão geral. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- [16] PRODANOV, Cleber Cristiano. Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas de pesquisa do trabalho acadêmico. 2.ed.- Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- [19] FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.