

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE ROTEIRIZAÇÃO PARA
UMA PRESTADORA DE SERVIÇO DE TRANSPORTE
UNIVERSITÁRIO DE COLORADO-PR**

**IMPLEMENTATION OF A ROUTING METHODOLOGY FOR A
COLLEGE TRANSPORT SERVICE PROVIDER OF COLORADO-PR**

Marlon Issa Naranti

Juliana Sayuri Kurumoto Barbosa

Resumo

Na atualidade mercadológica, as empresas buscam se tornar cada vez mais competitivas, aplicando alternativas que lhes façam ganhar mercado, o que na verdade, é consequência de uma busca incessante de clientes e ganhos de capital. Assim dentre as atividades que permeiam valor, a logística mostra-se em destaque, seus impactos financeiros e estratégicos seduzem cada vez mais as empresas e prestadores de serviços. Este trabalho envolve a modelagem de um problema de roteamento de veículos (PRV), e a implementação de um sistema para resolvê-lo através de uma metodologia simples pautada em conhecimentos matemáticos e de engenharia, afim de obter uma melhor rota de distribuição de passageiros de uma frota de micro-ônibus que transporta estudantes universitários da cidade de Colorado-PR para Maringá-PR. Como resultado, a metodologia otimizou o percurso dentro da cidade que era de 4571 metros e passou a ser 3626 metros e em especial o tempo de entrega que reduziu em média 12 %.

Palavras-chave: *Roteirização; Veículos; Logística; Meta Heurística*

Abstract

In today's market, companies seek to become more and more competitive, applying alternatives that make them win market, which is actually, a sign of a relentless pursuit of customers and capital gains. Thus, among the activities that permeate value, logistics shows up in featured and their financial and strategic impacts lure more and more companies and service providers. This project involves modeling a vehicle routing problem (VRP) and the implementation of a system to resolve it through a simple methodology based on mathematical and engineering knowledge, in order to obtain a better passenger distribution route of a fleet of minibuses carrying college students from the city of Colorado - PR to Maringá-PR. As a result, the methodology has optimized the route within the city that was of 4571 meters and became 3626 meters and in particular the delivery time which reduced an average 12%.

Key-words: *Scripting; Vehicles; Logistics; Meta Heuristics*

1.Introdução

No passado, época das grandes guerras, estratégias eram traçadas para suprir as necessidades com armamento, munições e alimentação das tropas, com o objetivo de atacar o inimigo da melhor forma possível, resultando no surgimento do conceito de logística. Segundo Ballou (2001), a logística inclui todas as atividades relevantes para a entrega de um bem ou serviço de acordo com as expectativas do consumidor, sendo elas planejamento, transporte, armazenagem, entre outras.

O transporte, uma das principais funções logística, é o responsável pela maior parcela dos custos logísticos. Sua função no que tange o custo está diretamente ligada a variável tempo, assim reduzir o tempo é o mesmo que otimizar o trajeto. De acordo com Porter (2006, p 52), “o lema estratégia é ser diferente. Significa escolher, de forma deliberada, um conjunto diferente de atividades para proporcionar um mix único de valores.”

Evoluir o nível do serviço prestado é uma maneira da empresa se consolidar no mercado, por meio da satisfação do cliente. Wood et al. (1999) descrevem o serviço ao cliente como um conjunto de tarefas desenvolvidas em função da busca pela satisfação e percepção de parceria entre empresa e consumidor, com benefícios para ambos.

Essas estratégias podem se direcionar na resolução de um problema de roteamento, que segundo Goldbarg e Luna (2000) fundamenta-se em um conjunto organizado e tem como meta atender demandas localizadas em arcos ou nós de uma rede, associando a melhor resposta a do grafo de menor custo possível, encontrando-se assim uma possível solução ótima.

Liu et al (2009) coloca o problema de roteamento de veículos como sendo o empecilho de se planejar a entrega de rotas ótimas, nas quais partem de um destino para um determinado número de cidades ou clientes espalhados geograficamente respeitando suas restrições. Nesse sentido, a utilização de mecanismos da pesquisa operacional permite a obtenção de rotas enxutas, com redução no tempo e custo de execução no atendimento de entrega, resultando em um melhor planejamento e atendendo as expectativas dos clientes.

De posse da importância de se ter uma rota otimizada, este trabalho terá como objetivo mostrar a importância do estudo e otimização de rotas de entregas, aplicando em um sexto de uma frota de transporte universitário uma metodologia criada através de conhecimentos no

campo de pesquisa operacional no primeiro semestre, afim de que no próximo toda a frota seja contemplada com tal método, mostrando seus reais ganhos.

A finalidade do estudo, portanto, é mostrar a importância de um planejamento na escolha das rotas, esquematizando-se uma metodologia simples, aplicável e a um custo muito baixo, na qual através de pontos se encontre uma possível sequência ótima.

2.Revisão Bibliográfica

2.1 Logística

Uma das ascendências da palavra logística pode ser encontrada na sua etimologia francesa, do verbo "*loger*", que significa alojar. A logística existe há muito tempo, e as primeiras tentativas de defini-la e explicá-la foi do Barão de Antoine Henri de Jotnini, general de Napola. Em seu Compêndio da Arte da Guerra, declarou que a logística é a arte prática de movimentar exércitos, ou seja, tudo ou quase tudo no campo das atividades militares, exceto o combate. O vocábulo "*logistique*" é derivado do posto de Marechal de Logis responsável pelas atividades administrativas relacionadas com os deslocamentos e acompanhamento das tropas do exército francês durante o século XVII (BAZOLI, 1998).

Segundo Bowersox e Closs (2001), até a década de 50, não havia uma concepção formal ou teoria sobre logística integrada, sendo ela ações de apoio ou suporte. Uma das ponderações mais antigas encontradas para a composição deste item, foi o de Magee (1977), que descreve logística como a arte de gerenciar o fluxo de materiais e produtos, da fonte ao cliente.

Emitindo uma mudança de perspectiva, Bowersox e Closs (2001) propõem a logística como ferramenta de gestão do "*supply chain*" quando diz que o gerenciamento logístico inclui o projeto e administração de sistemas para administrar o fluxo de materiais, os estoques em processo e os produtos acabados, com o objetivo de asseverar a estratégia das unidades de negócio da empresa, desta forma localizando a de um cenário mais extensivo.

Ballou (2001) extrapola seu próprio conceito propondo a definição da missão da logística que segundo ele a missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior

contribuição à empresa, assim Novaes (2007) afirma que sem o conceito de logística as empresas não conseguem atingir suas metas de forma adequada.

Segundo Ballou (2007), a administração de transportes é o braço operacional da função de movimentação executada pela atividade logística que tem como objetivo assegurar que o serviço de transporte seja realizado de modo eficiente e eficaz. Para o autor, o transporte é a atividade mais importante do mundo.

De acordo com Nazário (apud FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2008, p. 126), nas operações logísticas, as atribuições do transporte estão relacionadas, principalmente, às dimensões de tempo e utilidade de lugar, isto mesmo com os avanços tecnológicos.

A gestão dos veículos de transporte requer atenção especial, faz parte de uma gestão eficaz do setor logístico e do sistema de distribuição a “disponibilidade de uma estrutura de custos adequada e constantemente atualizada” (NOVAES, 2007, p. 254).

2.2 Pesquisa Operacional

Segundo Andrade (1998), a Pesquisa Operacional passou a ser empregada pela Engenharia de Produção como o método de resolução de adversidades a partir da Segunda Guerra Mundial e hoje está tanto na comunidade acadêmica quanto nas empresas.

Em resumo, Silva et al. (1998) apresenta a Pesquisa Operacional como a função de um método de descrição de um sistema organizado, de forma que experimentações do modelo levam a maneira ótima de operar o sistema.

Andrade (1998) apresenta a Pesquisa Operacional como um método científico para tomar decisões, por meio da elaboração de modelos, que permitam simulações e sirvam de auxílio para as decisões.

De acordo com Maximiano (2002), as várias partes de um sistema são interdependentes e que para uma realidade labiríntica, deve haver um tratamento complexo. Por isso, as reduções dos modelos podem apresentar possíveis soluções ótimas para as partes e que não necessariamente são boas para o todo.

Percebe-se a importância do ensino da Pesquisa Operacional quando se examinam os seus objetivos. Segundo Dávalos (2002), seu principal objetivo é a melhoria do desempenho. A disciplina trabalha com a formulação de modelos matemáticos que podem ser resolvidos com o auxílio de computadores.

A Pesquisa Operacional engloba os mais diversos campos, como a Matemática, a Economia, a Estatística e a Informática. Costuma-se agrupar equipes de especialistas para estruturar e analisar um problema em termos quantitativos, de forma que uma solução matematicamente ótima possa ser obtida. (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001).

2.2.1 Heurística

As interpelações heurísticas clássicas se valem do acaso para desprenderem os entretos dos problemas que abordam. Contudo, atualmente têm sido aplicado com foco na resolução de problemas através do uso de meta heurísticas, as quais são integradas a cada caso específico conforme uma estratégia de resolução geral (GOLDBARG; LUNA, 2000).

A estratégia de uso de uma heurística está baseada no fato de se descobrir uma solução viável para um problema e, nesse contexto, Goldbarg e Luna (2000) apresentam a seguinte definição:

Uma heurística é uma técnica que busca alcançar uma boa solução utilizando um esforço computacional considerado razoável, sendo capaz de garantir a viabilidade ou otimalidade da solução encontrada ou, ainda, em muitos casos, ambas, especialmente nas ocasiões em que essa busca partir de uma solução viável próxima ao ótimo. (GOLDBARG; LUNA, 2000, p.30).

2.2.2 Problema de Roteamento de Veículo

Segundo Alvarenga (2005), entende-se por roteamento de veículos uma ampla série de problemas, cujo objetivo é melhorar o custo relacionado a entregas ou coletas de mercadorias, através da escolha de rotas a serem percorridas por veículos.

O objetivo principal é encontrar um conjunto de rotas de custo mínimo iniciando e terminando no depósito central. Outros detalhes são citados em Gendreau et al. (1999):

- a) cada veículo deve atender uma única rota;
- b) cada cliente pode ser visitado uma única vez;
- c) se a chegada do veículo for antes da abertura da janela de tempo (a_i), o veículo deve aguardar, caracterizando um tempo de espera;
- d) o veículo não pode chegar no cliente “i” depois do fechamento da janela de tempo (b_i), no caso da janela de tempo rígida ou *hard time window*.

Laporte (1992), a fim de simplificar, ignorou as diferenças de custos, partindo do princípio de que todos os veículos são idênticos e possuem a mesma capacidade Q . As condições para que um problema de roteamento de veículo (PRV) seja satisfeito consiste em:

- Cada vértice V_n (com exceção do V_0) é visitado apenas uma vez e por exatamente um veículo;
- Todas as rotas iniciam e terminam no depósito;
- As seguintes restrições devem ser respeitadas: Restrição da capacidade: a cada vértice $i > 0$ é atribuído um peso não negativo (ou demanda) q_i e a soma dos pesos de qualquer rota do veículo não pode exceder a capacidade Q do veículo m ; O número de vértices de cada rota é limitado a Q .

2.2.3 Busca pela Vizinhança

A maioria das meta heurísticas aceita a degradação da solução corrente (ou do conjunto de soluções correntes) como uma estratégia para sair de uma solução ótima local. O algoritmo apresentado em Hansen e Mladenovic (2001) assume a solução final proporcionada a um mínimo local em relação a todas as máximas k estruturas de vizinhança, e portanto, a probabilidade de se alcançar um mínimo global é maior de que quando se usa somente uma estrutura.

Busca pela vizinhança explora basicamente a mudanças sistemáticas de estruturas de vizinhanças no espaço de soluções durante o processo de busca pela solução ótima, Hansen e Mladenovic (2001) afirmam que nesta busca não se tem a degradação da solução corrente ou de seu conjunto, como ocorre na maioria das metas heurísticas, sendo a solução corrente a mesma que a incumbente, fazendo com que se na busca se encontre o ótimo global a solução fique parada neste ponto.

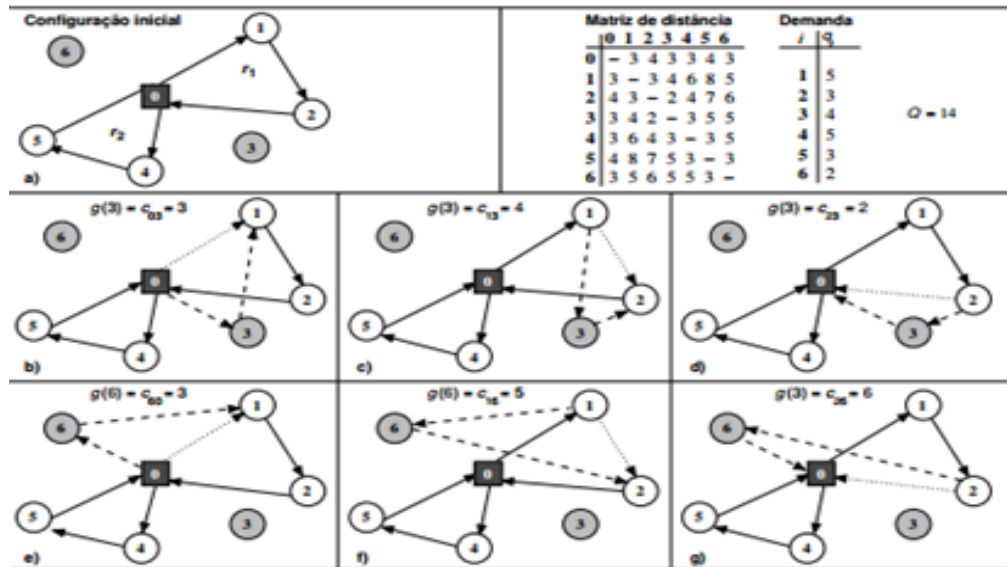
2.2.4 Busca Local

A busca local pode ser feita pelo algoritmo RVND (*Randomized Variable Neighborhood Descent*) que ao invés de usar uma ordem pré-definida, cria sua solução inicial.

Segundo Lopes (2013), a lista de vizinhança se inicia com vizinhanças associadas ao movimento e a cada nova interação $N(n)$ pertencente a LV é associada aleatoriamente uma nova resposta, mais ótima e satisfatória, assim roda-se o algoritmo chamando as intra-rotas, conforme

a Figura 1, onde se inicia com uma solução inicial, e puxa-se uma nova, toda a vez que aquela solução for inferior da fixada, ela é descartada e uma nova solução é gerada, até que não se tenha mais possibilidade de novas soluções, executando uma busca local intra-rotas

Figura 1: Busca Local pelo algoritmo RVND



Fonte: Lopes, 2013

Um algoritmo de busca local consiste na substituição da solução corrente pela melhor solução vizinha, se encontrando quando não se encontra melhor resposta. A troca de região da busca representa uma etapa de diversificação, onde se verifica cada vértice do PRV (Problema de Roteamento de Veículos) afim de se trocar rota. (OCHI e TORTELLY, 2003).

Ochi e Tortelly (2003) propuseram vértices permutados ao método de Laporte (1992) criando uma rotina padrão, assim neste método um movimento da solução semente a uma solução vizinha equivale a permutar seu componentes.

2.3 Tecnologia da Informação aplicada na logística de transporte

Para Caxito (2011), a aplicação da tecnologia da informação tem oferecido um diferencial competitivo, mostrando o foco que a empresa deve ter ao traçar seus caminhos para busca de suas metas.

Segundo Foina (2006), seu objetivo principal está em garantir a qualidade do fluxo e agilizar a tomada de decisões, mas é necessário estabelecer e atribuir responsabilidades as

informações estratégicas, identificando e otimizando seu fluxo, afim de servirem de apoio as decisões gerenciais.

Os custos com a tecnologia da informação segundo Faria e Costa (2007) são classificados como indiretos e fixos, ou em algumas empresas como despesas administrativas. Monitorados pela Gestão de Custos através de indicadores, e seus impactos no que tange os níveis: tático, estratégico e operacional.

Segundo Bowersox e Closs (2001) estes sistemas vão ligar as atividades logísticas em um processo interligado, divididos em quatro níveis. Sendo eles: sistema transacional (representa a base, ou seja o local onde se retira informação), controle gerencial (onde se usa os dados da base, incluindo as ferramentas de mensuração), apoio a decisão (utilização de softwares para tomada de decisão) e planejamento estratégico (onde as informações dos outros níveis são utilizadas para melhoria contínua).

2.3.1 Softwares de roteirização

Com a necessidade de se obter cada vez mais mecanismos que reduzam custo e aumente a eficiência dos processos, programas são desenvolvidos, sendo a tecnologia de informação segundo Caxito (2011) o alicerce para busca de meios para se minimizar os esforços em busca dessas metas. No Quadro 1 encontra-se algumas destas ferramentas e suas principais funcionalidades, na qual uma escolha correta pode acarretar em uma redução de até trinta por cento nos custos logísticos , quando analisados resultados de pesquisas semelhantes.

Quadro 1 – Funcionalidade X Software

Funcionalidade	MapLink	TrackRoad	RoadShow
Veículos diferentes	Sim	Sim	Sim
Coleta de entregas	Não	Não	Sim
Horário pré-determinado	Não	Sim	Sim
Peso e Volume	Sim	Sim	Sim
Situação da rodovia	Sim	Não	Não
Sistema web	Sim	Sim	Não
Sistema de gestão	Não	Não	Não
Velocidade variantes	Sim	Não	Não
Mais de um roteiro por veículo	Não	Não	Não

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

O *MapLink* Trânsito é um aplicativo de mapas, rotas e informações sobre trânsito, lançado em 2012 e distribuído pela empresa brasileira *MapLink*, sua base cartográfica de dados é o *Google Maps* e as informações sobre o trânsito são oriundas de clientes que fornecem posições de veículos circulando no Brasil inteiro anonimamente, as mesmas são processadas e calculadas em uma plataforma inteligente de trânsito para compilação de dados como latitude, longitude, velocidade e azimute (medida de direção horizontal, definida em graus). A partir disto, processam-se as velocidades médias de deslocamento desses veículos dentro da base cartográfica (MAPLINK, 2017).

Suas funcionalidades são a possibilidade de verificar a situação atual do trânsito no local, notícias sobre incidentes em tempo real, cálculo de melhor rota, interatividade com as redes sociais. Na tela principal do aplicativo há cinco botões no rodapé: mapa, cidades; rodovias, câmeras e um botão de três pontinhos onde se lê as informações em tempo real . (TECHTUDO, 2011).

Trackroad é uma ferramenta de roteamento internacional, que oferece a melhor rota entre um ponto de partida e chegada com paradas, indicando o caminho mais rápido, com foco em minimizar o tempo. Estuda também a frota e faz a melhor realocação do serviço, possuindo um cadastro de veículos, onde não se comporta mais de uma rota por veículo. (TRACKROAD, 2017).

ORoadShow tem como objetivo otimizar o transporte baseado em carga, volume e distância. Sendo uma das ferramentas mais antigas ela não oferece interface na web e tem uma abrangência regional. Quanto a sua funcionalidade, há uma variabilidade muito grande, permitindo até o cadastro de horário de atendimento dos clientes, tempo de espera, volume e peso comportado pelo cliente e veículo e tempo da rota. (ROHR, 2013).

3. Metodologia

Segundo Silva e Menezes (2005), esta pesquisa se caracteriza como explicativa, pois se procura criar uma teoria aceitável para um determinado fato, quanto a sua natureza é considerada como aplicada, a medida que retorna possibilidades de soluções de problemas reais. No que tange sua abordagem, ela é classificada como quantitativa, pois é aplicado métodos matemáticos e estatísticos na interpretação dos seus dados.

O objeto de estudo da pesquisa é uma empresa de transportes que presta serviços para alunos de várias universidades de Maringá. A escolha da empresa se deu pelo fato da mesma apresentar uma demanda exponencial nos últimos anos, ficando difícil planejar devidamente a rota, como outrora quando possuía um ou dois veículos, passando então a ter constantes reclamações por parte dos usuários que visualizavam uma rota confusa e sem lógica.

Para a coleta de dados foi elaborado um formulário, no qual foram levantados os dados do tempo de entrega e do número de alunos entregues. Estas informações permitiram fazer uma análise entre as rotas que não se utilizaram de uma metodologia com a que se utilizou. Um segundo formulário foi utilizado para fazer o levantamento da primeira semana do primeiro e do segundo semestre de 2017, afim de se comparar o antes e depois da aplicação da metodologia.

3.1 Coleta e Análise dos Dados

Os dados coletados em forma de formulário foram: horário de início da entrega no ponto X (sendo este ponto o mesmo para todos os veículos) e horário de entrega do último ponto (sendo este variável), preenchidos pelo último passageiro que seria entregue no qual acompanhou a rota ao lado do motorista de cada micro-ônibus pelo período de três meses no primeiro semestre, assim como o número de pessoas entregues e se houve mudança de rota naquele dia, esses dados foram estratificados gerando uma média e limites superior e inferior, retirando-se da amostra dados fora do padrão de especificação, que podem ter várias origens como desvio de trajeto, falta excessiva de pessoas, veículo com algum defeito, entre outros fatores. O mesmo se fez no segundo semestre, mas por um período de uma semana.

Sendo que na primeira semana do primeiro e segundo semestres de 2017 o caminho foi percorrido de forma integral, assim coletou-se o tempo de entrega total do percurso inicial, com a mudança na rota a primeira semana do segundo semestre também seguiu o mesmo procedimento afim de que através de gráficos pudesse ser comparado os resultados da aplicação da metodologia com os dados anteriores.

3.2 Metodologia para roteirização baseada no algoritmo RVND

A metodologia utilizada foi desenvolvida em 2016 em um trabalho acadêmico de logística, baseando-se nos algoritmos de programação citados na revisão bibliográfica, na parte que tange o cálculo das distâncias mínimas, sendo transportado a linguagem de programação

utilizada pra uma formulação que possibilita, através de passo a passo encontrar a solução do problema, aplicando conceitos matemáticos, este metodo esta disposto abaixo.

Para iniciar o estudo deve-se denominar cada ponto de entrega com uma numeração de um (1) a trinta e dois (32), marcando com ajuda do google maps os pontos e em seguida acompanhar os seguintes passos:

1. Separe o mapa em quatro a oito vizinhanças (conjunto de pontos próximos), com no máximo oito pontos em seu conjunto;
2. Determine a menor distância entre cada ponto e preencha a tabela de distância um no Excel para cada vizinhança;
3. Determine o ponto X inicial de entrada da cidade (é sugerido que o mesmo seja o ponto mais próximo de uma rua na rodovia de acesso);
4. Encontre o ponto mais próximo do ponto inicial, sendo este o primeiro a ser entregue, e sua vizinhança contemplada a ser a primeira atendida;
5. Utilizando a tabela de distância o próximo ponto será o mais próximo do anterior, assim até que toda a vizinhança seja entregue;
6. A partir do último ponto da vizinhança anterior, escolhe-se o ponto mais próximo do mesmo, contemplando aquela vizinhança como a seguinte pra entrega;
7. Repita os passos anteriores até que toda demanda seja atendida.

3.3 Etapas de estudo

O estudo foi realizado em quatro etapas, sendo elas:

Etapa 1 – Revisão bibliográfica: essa etapa teve como objetivo a busca de conhecimento técnico para o desenvolvimento da metodologia de roteirização. Dessa forma foram realizadas pesquisas em livros, revistas e dissertações, em especial os algoritmos que formulam a lógica dos softwares estudados, neste contexto o apoio principal foi o de Lopes (2013).

Etapa 2 – Desenvolvimento da metodologia: a metodologia de roteirização foi desenvolvida com base nos algoritmos de programação de alguns softwares como o RoadShow, MapLink e TrackRoad. Esses softwares foram utilizados como base, pois ambos tinham a mesma lógica de programação e atendiam as necessidades da empresa, mas se optou pela escolha de uma modelagem mais simples, já que a empresa não utilizaria todos os recursos dos softwares, formulando uma metodologia direcionada para a prestadora em questão.

Etapa 3 – Aplicação da metodologia: a aplicação foi realizada em uma empresa de transportes de estudantes como mencionado anteriormente.

Etapa 4 – Análise dos resultados: essa etapa ocorreu mediante a comparação dos dados obtidos em relação ao tempo de entrega e a distância percorrida antes e depois do uso da metodologia.

O estudo teve sua etapa inicial em 2016 com a elaboração da metodologia apresentada no item anterior, a mesma foi construída em cima da lógica do algoritmo RVND, se pautando em conhecimentos matemáticos e de engenharia, assim essa metodologia foi testada em um veículo no mesmo ano, através do comparativo do antes e depois da sua aplicação a mesma foi consolidada como válida, a segunda etapa em 2017 consistiu na aplicação da metodologia em uma fração (16.67%) da frota e o comparativo entre a rota que se utilizou da metodologia das que não continham nenhum método, a terceira etapa se deu através de uma sugestão para que se aplicar a metodologia na frota toda para o segundo semestre e analisar os resultados que tais mudanças acarretaria, no tempo total de entrega.

No que diz respeito a etapa inicial coletou-se o tempo total de entrega por um período de uma semana no início de 2016, aplicou-se a metodologia e encontrou-se uma nova rota, coletou-se novamente os novos tempos pelo mesmo período e através de gráficos validou-se a mesma, mostrando os ganhos em tempo e distância.

No que se refere a segunda etapa aplicou-se a metodologia em 2017 em um dos seis veículos, coletando-se dados por um período de três meses de toda a frota, onde se encontrou a distância média entre os pontos, a média de tempo de entrega, a moda e a média de alunos entregues no período e através de gráficos realizando um comparativo.

Justamente estes comparativos foram utilizados para se justificar a terceira etapa que foi a aplicação da metodologia em toda frota a partir do segundo semestre. Esta etapa consistiu em aplicar a metodologia modelada e coletar novamente os tempos afim de se encontrar os ganhos, através de análise gráfica.

4.Desenvolvimento

4.1 Contextualização da Empresa

A empresa em questão é uma prestadora de serviços de transporte, localizada na cidade de Colorado-PR, que tem como clientes alunos de universidades em Maringá ,a mesma hoje possui em sua frota seis micro ônibus e presta serviços a 182 pessoas, estudantes das

universidades UEM (Universidade Estadual de Maringá), UNIFAMMA (Faculdade Metropolitana de Maringá), UNICESUMAR (Centro Universitário de Maringá), FEITEP (Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional), UNINGÁ (Centro Universitário Ingá) e FAM (Faculdade Alvorada de Maringá).

Atuando na área a mais de quinze anos, sendo os primeiros voltados para clientes que estudavam em Paranavaí-PR, em 2007 a mesma começa a transferir seus serviços para Maringá-PR, em 2010 se insere um segundo veículo, pois a demanda começava a crescer, com essa crescente e o investimento em qualidade no serviço prestado, somados a um enfraquecimento da principal concorrente, se acarretou em um domínio de mercado e uma crescente exponencial a partir de 2015 onde já se tinha quatro veículos, agora em 2017 são seis com projeção de se ter sete em 2018.

Apesar de investir em conforto e satisfação do cliente com micro ônibus de qualidade, entrega de cada aluno em sua residência (coisa que não era feito pela concorrente), disponibilização de WiFi, manutenção dos motoristas, conformidade com a legislação (seguro de vida) e credibilidade de cumprimento do contrato, com esse recente aumento o controle da rota foi deixado de lado, sendo feito empiricamente, ou seja baseado no senso comum, sem metodologia.

4.2 Análise dos softwares

Após estudos dos softwares foi possível verificar que todos disponibilizam o recurso de gerar rotas levando em consideração uma frota homogênea, sendo a TrackRoad e RoadShow muito parecidos, os que as difere da ferramenta MapLink é que esta tem um monitoramento de fluxo de veículos na malha viária.

As ferramentas TrackRoad e RoadShow tem um custo mensal, enquanto a MapLink é gratuita, já no que tange o sistema operacional somente a RoadShow apresenta dificuldades, já que a mesma está disponível somente em uma família de sistema operacional.

Por se tratar de uma frota simples, em uma cidade pequena, com vias sem fluxo no horário, sem semáforos, a aquisição de uma das ferramentas se daria exclusivamente para se traçar as rotas de forma otimizada, por isso se optou pela formulação de um método simples baseado na metodologia do algoritmo RNVD que atendesse as necessidades da empresa, que eram básicas.

4.3 Primeiro Semestre de 2017 e seus resultados

De início apenas o micro-ônibus 07 (M07) teve a metodologia proposta aplicada a sua rota, os outros cinco veículos continuaram com a forma usual da empresa nos últimos anos, assim de posse do formulário , verificou-se que era transportado entre 23 e 30 alunos por dia, sendo que a moda como mostra na Tabela 1, é de 27 e a média de 26,5 alunos.

Tabela 1. Número de vezes que cada veículo transportou um determinado número de alunos/mês.

Número De alunos/mês	23	24	25	26	27	28	29	30	Total
M04	6	5	7	8	15	6	6	7	60
M05	8	6	9	7	11	5	8	6	60
M06	4	4	12	10	8	10	3	8	59
M07	8	5	11	5	10	4	8	5	56
M08	6	8	5	12	9	7	6	8	61
M09	8	8	7	8	7	6	5	10	59
Total	40	36	51	50	60	38	36	44	355

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O tempo total da entrega médio foi de 3719 segundos, sendo retirado da amostra alguns dias por estar fora dos limites de especificação que é de 2880 a 4558 segundos, definidos a partir da formula de cálculo dos limites de controle, com um desvio padrão. Na Tabela 2 é mostrado o tempo médio por aluno, o tempo médio total e a quantidade de dados fora do limite para cada micro ônibus, assim como o tempo médio considerando todos os dados.

Tabela 2. Tempos gerado por veículo e número de amostra fora dos limites.

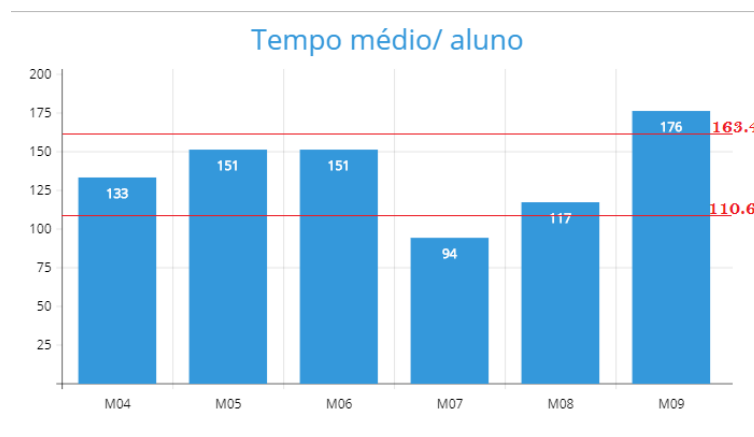
Veículo	Tempo médio/aluno	Tempo médio padrão	Número de amostras fora dos limites	Tempo médio geral
M04	133 s	3567 s	8	3673 s
M05	151 s.	3980 s	7	4020 s
M06	151 s	4012 s	6	4289 s
M07	94 s	2478 s	2	2454 s
M08	117 s	2987 s	7	3101 s
M09	176 s	4654 s	9	4777 s

Média	137 s	3613 s	6.5	3719 s
Desvio	26,4 s	714 s	-	839 s
Limite Inf.	110,6 s	2899 s	-	2880 s
Limite Sup.	163,4 s	4327 s	-	4558 s

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os dados acima foram alocados em um diagrama representado pela Figura 2, nele esta alocado os dados referentes ao tempo médio por aluno entregue, assim nota-se que o veículo M07 esta abaixo do limite de especificação e o M09 acima. Isso significa que o veículo M09 está acima do tempo que é considerado normal no cenário atual, e o M07 abaixo, sendo assim possível prever que o percurso do M07 esta otimizado com relação a frota, e o do M09 é o que apresenta maiores problemas.

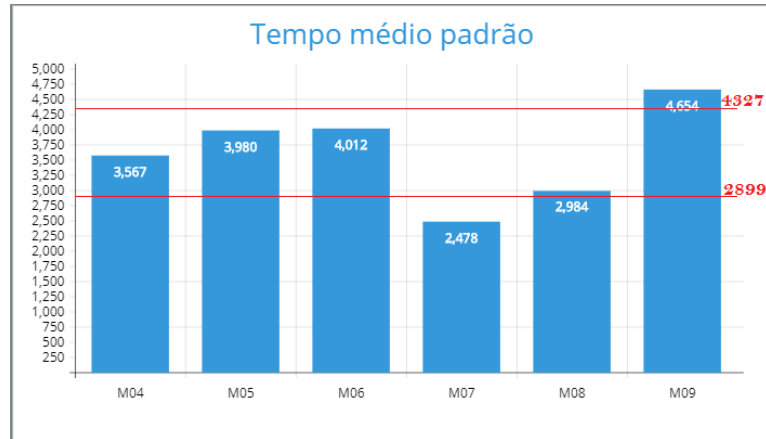
Figura 2. Gráfico Tempo médio por aluno em cada veículo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O mesmo ocorre com o Tempo médio padrão, na qual somente M07 esta abaixo do limite e M09 acima, como ilustrado na Figura 3. Mostrando assim que o M07 possui uma estratégia que se destaca perante a frota e que o M09 esta com sérios problemas de percurso.

Figura 3. Gráfico Tempo médio padrão por veículo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Fazendo uma análise prévia, os dados mostraram que o tempo de entrega no veículo que se utilizou da metodologia era inferior aos demais em aproximadamente 56 % em média, mas não era possível afirmar que ao aplicar a metodologia os valores reduziriam assim, pois as rotas não eram iguais e os ganhos médios encontrados com otimizações de rotas giram um ganho médio de 30 % com base em outros trabalhos, esta diferença está vinculada a outros fatores como distância média entre os pontos de entrega, como mostra a Tabela 3, onde se encontra a distância média entre uma residência e a próxima de entrega sem e com a roteirização proposta, ficando claro que o M07 é o que possui uma distância menor, o que justifica essa diferença ser tão grande.

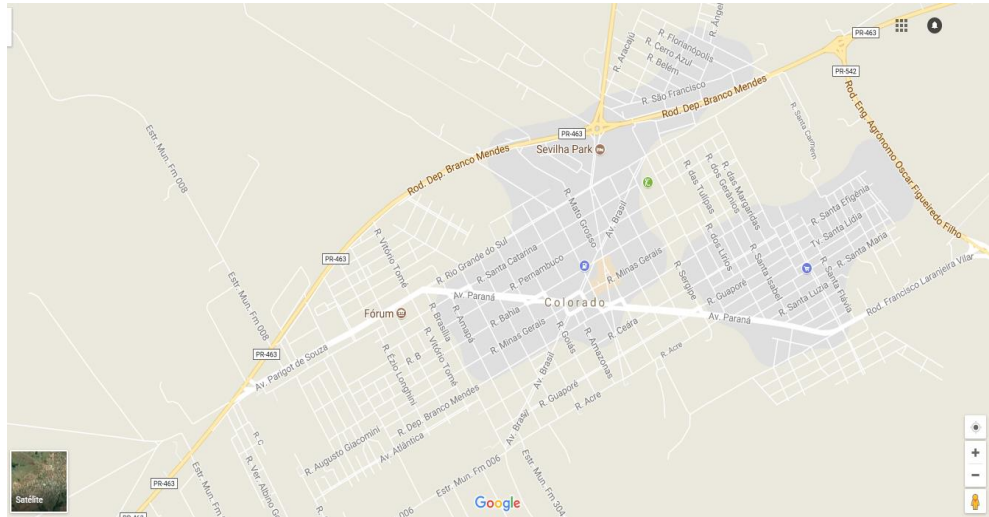
Tabela 3. Distâncias médias de entrega entre dois pontos com e sem a metodologia.

Veículo	Distância média sem a metodologia	Distância média com a metodologia
M04	878 m	703 m
M05	924 m	726 m
M06	792 m	650 m
M07	–	602 m
M08	685 m	615 m
M09	1292 m	932 m

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os valores acima foram encontrados com o auxílio do Google Maps, esta ferramenta forneceu a distância entre os pontos e então chegou-se a média tabelada. A Figura 4 mostra o mapa da cidade no aplicativo que serviu como auxílio na busca.

Figura 4. Mapa de Colorado-PR no Google Maps.



Fonte: Google Maps (2017).

4.4 Segundo Semestre de 2017 e seus resultados

Após mostrar a diferença entre os tempos e as possíveis redução na distância percorrida sendo uma redução média de 5670 m/dia por veículo totalizando 28350 m/dia , nas quais são apresentadas na Tabela 4, onde se subtraiu os valores das distâncias médias sem aplicação da metodologia dos valores das distâncias com a aplicação da metodologia e multiplicou-se esse valor pelo número de alunos transportados, teve-se a autorização para aplicação da metodologia e coleta nos novos tempos.

Tabela 4. Distância reduzida por veículo por dia.

Veículo	Ganhos
M04	5250 m
M05	5940 m
M06	4260 m
M08	2100 m
M09	10800 m

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os novos tempos foram coletados na primeira semana de aula de cada veículo no segundo semestre de 2017, executando o caminho na sua totalidade independente de ausências assim como foi feito na primeira semana do primeiro semestre do mesmo ano, os valores médios estão na Tabela 5, assim como seus ganhos.

Tabela 5. Diferença de tempos (T) com e sem a metodologia por dia.

Veículo	Tempo médio sem metodologia (segundos)	Tempo médio com Metodologia (segundos)	Diferença	% reduzida
M04	4112	3495	617	15.0%
M05	4596	3895	701	15.2%
M06	4642	4155	487	10.5%
M07	3422	3180	242	07.1%
M08	5670	4284	1386	24.5%

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Assim pode-se notar que o veículo M08 foi o que menos ganhos teve, isso se dá por sua rota estar melhor estudada do que as demais, já que o condutor está na empresa a mais tempo e elabora sua rota com antecedência, os 4 minutos se dão a uma pequena modificação de ordem de entrega de um aluno no qual o trajeto passava perto de sua residência e este deveria ser o próximo evitando que se voltasse para entregá-lo, do resto a ordem estava condizente do ideal.

Os M04 e M05 obtiveram uma redução média de 15 %, o principal problema encontrado foi a falta de padrão, ou seja ia e se voltava as vizinhanças, não havendo um padrão para entrega, o que acarretava em muitos *zigzagues*, não entregando o passageiro mais próximo, o que também foi identificado no M08, somando-se ao problema que o mesmo possuía um erro estratégico de se entregar o bairro do Cairi, na qual fica afastado da cidade primeiro, tendo que retornar ao Santa Clara após a entrega, o mesmo foi colocado para ser entregue no meio do trajeto, reduzindo assim todo o trajeto excedente pela rodovia. Já o M06 teve como modificação principal a ordem das vizinhanças a serem entregues.

Ao fim houve uma redução média de 12.4%, gerando em média um ganho de 12 minutos/dia aproximadamente por veículo, com variação de 4 a 23 minuto. Esse tempo também

trás ganhos com a redução das horas extras pagas pela empresa, pelos minutos excedentes na carga horária de trabalho.

Um fator importante a ser analisado é que com a redução do trajeto, reduz o desgaste do veículo como os pneus, pastilha de freio, óleo motor, entre outros que ao se ter um tempo maior de troca gera redução de custos a empresa. Mas o principal ganho está na redução de consumo de combustível, considerando que os veículos percorrem em média 5 km por litro de diesel, e que o preço pago atualmente é de R\$ 2,62 / litro a economia mensal que a empresa teria em toda a frota será de R\$ 356,52 em média.

Outro ganho perceptível é o aumento da satisfação dos clientes, em especial os últimos a serem entregues, já que o ganho está diretamente relacionado a metragem percorrida, sendo um diferencial competitivo para a empresa, ela se mostrar preocupada com o horário que seus clientes chegarão em suas residências.

5. Conclusão

A gestão das frotas contribui para as empresas com redução nos seus custos e percepção de qualidade no serviço pelo cliente, sendo um diferencial competitivo. Este trabalho ratificou a importância do estudo de uma possível rota ótima através da aplicação de uma metodologia, como mecanismo de inovação afim de trazer ganhos em competitividade para a empresa.

Baseando-se em *softwares* já consolidado no mercado tanto nacional, quanto internacional, a metodologia proposta se baseia na lógica do algoritmo RVND, na qual é feito comparativos entre as distâncias percorridas dentro de uma vizinhança pré-determinada.

Através deste método o presente estudo comparou os resultados de tempo e distância, antes e após sua implementação, a fim de cumprir seu objetivo principal que era o de reduzir o tempo de entrega e a distância percorrida pela frota.

A redução média gerada foi de 12.4%, o que corresponde a 12 minutos/dia, com esses valores variando de 4 a 23 minutos, e uma redução na distância percorrida pela frota de 28350 metros por dia, sendo 5670 m/dia por veículo, assim cumpre-se com o objetivo desta implementação, com estes valores nota-se que haviam erros na rota nas quais acresciam custos ao serviço.

Esta redução implica em ganhos com combustível, já que houve a redução da distância percorrida e o consumo é proporcional a ela, também acarretará em uma redução do desgaste

do veículo e seus componentes, reduzindo os custos de manutenção, e ao reduzir os tempos se reduz o número de horas extras a se pagar.

Por fim, o mais importante reduz as reclamações dos clientes, que se sentem mais valorizados e enxergam valor agregado ao serviço pela empresa se preocupar com a rota, gerando qualidade no serviço.

Conclui-se então que uma boa gestão de transporte, torna-se um fator importantíssimo na busca de otimização dos resultados gerados pela empresa, reduzindo seus custos e agregando valor a seu serviço, manter rotas atualizadas e planejadas em um mercado tão competitivo fatalmente será um grande diferencial.

Referências

ALVARENGA, G. B. (2005). **Um algoritmo híbrido para os problemas de roteamento de veículos estático e dinâmico com janela de tempo**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Ciência da Computação (DCC). Belo Horizonte: Biblioteca Digital da Universidade Federal de Minas Gerais.

ANDRADE, Eduardo L. Introdução à pesquisa operacional. 2 ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BAZOLI, Roberto. A definição de logístico decorrer da história. 1998. Disponível em: <<http://www.geocities.com/Eureka./Enterprises/5013artl.html>> . Acessado em: 18 ago. 2005.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: Atlas, 2001.

BRAGA, D. S. *planejamento da Expansão em Sistemas de Transmissão usando a meta-heurística de busca em vizinhança variável*. 2013. 125f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2013.

CAXITO, F. Logística: Um enfoque prático. São Paulo: Saraiva, 2011 .

DAVIS, Mark Morris; AQUILANO, Nicholas Joseph; CHASE, Richard Brent. Fundamentos de Administração da Produção. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

DÁVALOS, Ricardo Villarroel. Uma abordagem do ensino de pesquisa operacional baseada no uso de recursos computacionais. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. Anais Curitiba, 2002.

FARIA C. A; COSTA G. F. M. Gestão de Custos Logísticos. São Paulo: Atlas, 2007.

FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. Logística empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2008.

GENDREAU, M; HERTZ, A.; LAPORTE, G. Heurística Busca Tabu para o Problema de Roteamento de Veículo, *Gestão da Ciência*, 1994.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P. Otimização Combinatória e Programação Linear – Modelos e Algoritmos. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

GOOGLE PLAY. **MapLink Trânsito**. 2013a Disponível em: < https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lbslocal.transito&hl=pt_BR >. Acesso em: 29 ago. 2017.

LAPORTE, G. O problema de roteamento de veículos: uma visão geral dos algoritmos exatos e aproximados. *Jornal Europeu de Pesquisa Operacional*, n 59: 345-358, 1992.

LIU, S.; HUANG, W.; MA, H.; An effective genetic algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problems. *Transportation Research Part E*, v.45, p. 434-445, 2009.

LOPES; HEITOR, SILVEIRO, Meta-Heurística em Pesquisa Operacional, Curitiba, 2013.

MAGEE, John F. Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição. São Paulo: Pioneira, 1977.

MAPLINK. **Central de ajuda MapLink**. 2013. Disponível em: < http://www.maplink.com.br/forms/wrong_info_google >. Acesso em: 29 ago. 2017

MAXIMIANO, Antonio César Amaru. Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital. ed 3. São Paulo: Atlas, 2002.

NETO, W. P. S., **Usando API do Google Maps para criar um mapa interativo**. Estudo de Caso: 2009. 48f. Monografia apresentada como parte das exigências da disciplina EAM 498, Curso de Graduação de Engenharia Agrimensura, Universidade Federal de Viçosa. 2009.

NOVAES, Antonio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PORTER, Michael E. Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior. 35ª reimpressão. Rio de Janeiro, ed Elsevier, 2006.

OCHI, L. S., TORTELLY JUNIOR, A. **Uma metaheurística híbrida GRASP+tabu para o problema de roteamento periódico de uma frota de veículos**. Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXV SBPO), 2003, Natal, RN.SOBRAPO, 2003. v.1. p.1 – 11

RORH, M.P., **Ferramenta otimizadora e roteirizadora de cargas**. Estudo de Caso: 2013. 118f. Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação. 2013.

RESENDE, Denis Alcides e ABREU, Alice França de: Tecnologia da informação: Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais. 8 ed. São Paulo: Atlas.2011.

SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. Pesquisa Operacional: programação linear. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 1998.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis, 2005. 139 p. Disponível em: <<http://moodlep.uem.br/mod/resource/view.php?id=2394>>. Acesso em 24 mar. 2017

SILVA, M. R. *Uma contribuição ao Projeto de Redes de Transporte de carga parcelada*. 2010. 219f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TECHTUDO. MapLink Trânsito. 2011. Disponível em: < <http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/s/maplink-transito.html> >. Acesso em: 29 ago. 2017.

TRACKROAD. Otimizador de rota e Planeador de rotas.2015.Disponível em:< <http://www.trackroad.com> >. Acesso em 29 ago.2017.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. Gerenciamento de transporte e frotas. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

WOOD, Donald F.; WARDLOW, Daniel L.; MURPHY, Paul R.; JOHNSON, James C. Logística Contemporânea. –7ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.