



## OTIMIZAÇÃO DO PERCURSO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENCOMENDAS DOS CORREIOS NA CIDADE DE COROMANDEL/MG

L. C. Ribeiro\*<sup>1</sup>, M. F. Ferreira<sup>2</sup> e T. D. D. Mesquita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNIFEB – Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos

<sup>2</sup>UNOPAR – Universidade Norte Do Paraná

<sup>3</sup>IFG – Instituto Federal Goiano

**Resumo** - Na cadeia logística dos correios são notáveis as dificuldades de se elaborar as rotas de distribuição. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de software capaz de otimizar a rota de distribuição das encomendas registradas dos correios na cidade de Coromandel/MG. Foi utilizado a base de dados OpenStreetMap para localização das coordenadas geográficas das residências e ruas, sendo que as rotas são definidas através de um algoritmo genético baseado no problema do caixeiro viajante utilizando o algoritmo de Dijkstra para definir qual o caminho de custo mínimo dentre as vértices do problema. Neste trabalho também são descritas as etapas de elaboração, bem como os resultados obtidos de forma experimental. Ao final, conclui-se que os algoritmos apresentam um ótimo potencial para a resolução de problemas de roteamento.

**Palavras-Chave** – Algoritmo de Dijkstra, Algoritmos Genéticos, Correios de Coromandel, Problema do Caixeiro Viajante, Roteirização.

### OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION ROUTE OF MAIL ORDERS IN THE CITY OF COROMANDEL/MG

**Abstract** – In the logistical chain of the post offices are remarkable as the difficulties of managing like the routes of distribution. The present work has the objective of developing a software prototype capable of optimizing a distribution route for registered orders from the city of Coromandel/MG. An OpenStreetMap database was used to locate the geographical coordinates of residences and streets, and the routes are defined through a genetic algorithm with no problem with the traveler and also with the Dijkstra algorithm to define the minimum cost path Between the vertices of the problem. This work is also described as elaboration stages, as well as the results obtained experimentally. In the end, it is concluded that the algorithms present a great potential for the resolution of routing problems.

**Keywords** - Dijkstra Algorithm, Genetic Algorithms, Coromandel Post Office, Traveling Salesman Problem, Scripting.

#### NOMENCLATURA

CNT	Confederação Nacional de Transportes.
ECT	Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos.
OSM	OpenStreetMap.
PAC	Serviço de encomenda da linha econômica.
PCV	Problema do Caixeiro Viajante.
SEDEX	Serviço de Encomenda Expressa Nacional
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações.

#### I. INTRODUÇÃO

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), no ano de 2017 o Brasil possuía cerca de 212.866 km de rodovias pavimentadas e 1.365.426 km de não pavimentadas ligando os 5.570 municípios brasileiros distribuídos ao longo de uma área territorial de 8.515.767,049 km<sup>2</sup>. Ainda de acordo com a CNT, a distribuição espacial da logística de transportes no país apresentava uma predominância por rodovias, chegando a totalizar 61% de toda a carga transportada [3].

Além das dificuldades em se elaborar a rotas de distribuição, estabelecer o roteamento dos veículos e na capacitação dos profissionais de entrega, o transporte é a área que mais eleva os custos operacionais, chegando à marca de um a dois terços do valor total da cadeia logística [14].

Com o aumento da utilização da internet e maior confiança nos comércios digitais, ocorreu um acréscimo significativo no volume e diversidade das compras efetuadas através das plataformas online e, conseqüentemente uma maior demanda logística de distribuição [6].

Comumente conhecido como Correios, a Empresa de Correios e Telégrafos (ECT) é a empresa responsável pela maior parte dos serviços postais do Brasil. Chegando a distribuir milhões de encomendas diariamente em todos os municípios do território brasileiro [5].

De acordo com o senso dos Correios, no mês de abril de 2016 chegaram a ser distribuídos aproximadamente 33,2

\*leandrocribeiro@gmail.com

milhões de objetos por dia através de uma frota de 25.236 veículos (motocicletas, veículos leves e pesados) e de suas 10.524 unidades de distribuição espalhadas pelo país. Só no ano de 2015 foram entregues cerca de 8,3 bilhões de encomendas [5]. A logística por trás destes serviços se torna complexa e muito cara. Ao todo, cerca de 11,6% do Produto Interno Bruto Brasileiro (PIB) é destinado aos gastos logísticos [9]. Apenas na sede dos Correios da cidade de Coromandel/MG já é possível observar as dificuldades e desafios enfrentados diariamente pelos funcionários na hora de traçar as rotas de distribuição dos aproximados 200 objetos registrados que chegam a cada dia no município.

A dificuldade logística descrita se assemelha ao Problema do Caixeiro Viajante. Onde é necessário encontrar o menor caminho entre uma sequência de cidades de forma que o entregador saia de um depósito e percorra todos os locais sem passar mais de uma vez pelo mesmo [14].

Diante do problema exposto com a realização da presente pesquisa e dos resultados obtidos, espera-se otimizar a distribuição de objetos registrados da sede dos Correios na cidade de Coromandel/MG assim, servindo de referência para as demais sedes de distribuição da ECT. Para atingir esse intento, o presente trabalho objetiva criar um protótipo de software utilizando os mapas e coordenadas geográficas adquiridas através base de dados OpenStreetMap, Algoritmos Genéticos para definição das rotas e o Algoritmo de Dijkstra para o cálculo do caminho de custo mínimo.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

### A. Descrição do local do estudo/ problema

Diariamente, ao meio dia chegam ao município de Coromandel/MG milhares de objetos classificados como simples e registrados. Dentre os simples, incluem-se as cartas e outras encomendas que não necessitam de assinatura. Já em relação aos objetos registrados, o município recebe cerca de 200 SEDEX e PAC's dos quais precisam ser entregues aos destinatários espalhados dentre aproximadamente 120 ruas da cidade. As tentativas de entrega dos objetos registrados têm, por obrigação, de ser efetuadas no mesmo dia no qual chegam no município. Ao desembarcar nas mediações dos correios é destinado a um dos carteiros a separação das encomendas. O mesmo fica responsável por elaborar a rota do veículo de entrega. Logo após a ordenação dos objetos é passado o leitor de código de barras para o check-in dos objetos no sistema. Após o processo é gerado uma lista de assinaturas de recebimento – Local onde o cliente irá confirmar que recebeu a encomenda. Esta lista também serve como uma espécie de guia para o entregador, uma vez que ela contém em ordem os produtos e seus respectivos endereços de entrega. No exemplo em questão é o próprio criador da lista que é o responsável pela distribuição dos produtos aos destinatários finais.

A elaboração da rota é totalmente dependente de um profissional que conheça a cidade ou os setores de distribuição (em cidades maiores) e saiba ordenar as encomendas a fim de criar um mapa de distribuição dos produtos.

### B. Base de Dados Open Street Map

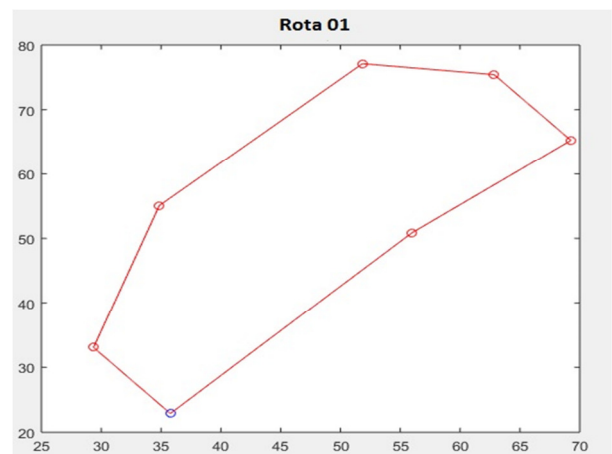
Também conhecido como Open Street Map o (OSM) é um projeto criado em 2004 com o objetivo de fornecer dados geográficos gratuitos, utilizando um sistema de mapeamento colaborativo, em que as atualizações de rotas e pontos de interesses são feitos por uma comunidade de voluntários os quais são responsáveis por coletar e abastecer a base de dados. Semelhante à ferramenta Google Maps do Google, o OSM possui uma grande quantidade de informações sobre estradas, trilhos, cafés, estações ferroviárias, etc., de quase todos os locais e regiões do mundo. Por ser uma ferramenta Open Source, o OpenStreetMap possibilita o uso indiscriminado de seus mapas sem a necessidade de uma assinatura. Seus dados são publicados usando uma licença aberta Open Database License. Atualmente sua base de dados contém o tamanho de 53GB, e está disponível para download em vários formatos, tais como: “. GPX”, “.SHP”, “. OSM”, “.XML” e outros [11].

### C. Problema do Caixeiro Viajante

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) é um clássico problema de otimização combinatória, pertencendo à classe de problemas NP-Difícil (Non-Deterministic Polynomial Time), ou seja, sua ordem de complexidade é descrita como não polinomial e comumente são empregados algoritmos, heurísticas e meta-heurísticas para resolução dos mesmos. O PCV se baseia na ideia de que um comerciante tem de percorrer dada quantidade de cidades (N), onde, visando agilizar as entregas, o mesmo terá que percorrer todas as localidades estipuladas e não poderá passar mais de uma vez em determinado local. Isso tudo no menor espaço de tempo possível. Vale destacar que quanto maior for a rota, mais complexo fica para o algoritmo determinar o melhor trajeto [13].

Neste trabalho as rotas serão elaboradas dentro de uma mesma localidade, contudo, isso não diminui a dificuldade, uma vez que existe uma variação diária dos locais de entrega e uma vasta quantidade de pontos a serem percorridos. Fora as diferenças levantadas, outras restrições e adaptações pertinentes ao problema, o algoritmo seguirá a proposta do PCV. A Figura 1 mostra uma rota estipulada através da heurística do PCV.

Figura 1: Percurso mínimo estipulado pela heurística do PCV.



Devido à natureza do problema, apenas esta heurística não é suficiente para gerar um resultado satisfatório para o problema de otimização de rotas de entrega de encomendas pelos correios. Uma vez que quando se estipular a rota, também é necessário levar em consideração não apenas a distância entre os pontos de entrega, mas também a distribuição das ruas e o sentido das mesmas.

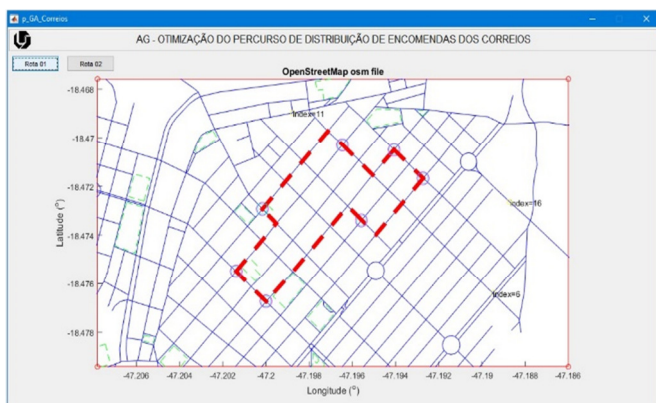
#### D. Algoritmo de Dijkstra

Desenvolvido por Edsger Dijkstra em 1956, o Algoritmo de Dijkstra busca calcular o percurso mais curto em um vértice de grafo dirigido ou não dirigido dentro de um tempo computacional.

Dado um vértice como raiz de busca, o mesmo calcula o custo mínimo deste para os demais vértices do grafo. A ideia deste algoritmo é considerada simples e com bom nível de performance. Contudo, ele não garante uma solução exata em casos de arcos com valor negativo. Para o problema em questão, o mesmo, juntamente com a heurística do caixeiro viajante se tornaram uma excelente alternativa para o problema levantado. Onde, para encontrar a melhor rota, também é necessário levar em consideração os fatores já citados [10].

A Figura 2 mostra uma rota de distribuição levando em consideração as restrições das ruas da cidade.

Figura 2: Percurso estipulado pelo Algoritmo de Dijkstra.



#### E. Algoritmo Genético Utilizado

Os Algoritmos Genéticos (AGs) são métodos de busca e otimização baseados na teoria evolutiva de Charles Darwin. Os AGs tentam imitar os passos da seleção natural de maneira a gerar populações de indivíduos mais adaptados as limitações e dificuldades do ambiente em que habitam ou ao problema ao qual pretendem solucionar.

Os mesmos são bastante empregados na busca de soluções ou na minimização de problemas considerados demasiadamente complexos. Como exemplo de utilização, pode ser citado o seu emprego na busca da menor distância entre uma sequência de pontos [4]. O AG utilizado para encontrar a melhor rota segue os passos típicos de um algoritmo genético, sendo eles:

1. Gera-se a população inicial;
2. Avalia-se cada indivíduo de acordo com a função objetivo;
3. Utiliza-se um método de seleção para reproduzir os indivíduos;

4. Utiliza-se um método de cruzamento para gerar uma nova população, de acordo com a taxa de cruzamento;

5. Aplica-se o operador de mutação aos indivíduos da nova população que foram escolhidos, de acordo com a taxa de mutação;

6. Finaliza a execução do algoritmo de acordo com um critério de parada, ou retorna-se ao passo 2 [4].

Existem vários critérios de parada e entre os mais utilizados estão: a definição de um número fixo de gerações ou executar o algoritmo até que o indivíduo com menor pontuação atinja um resultado pré-estabelecido. Neste trabalho o critério utilizado foi um número fixo de gerações.

Há várias técnicas que podem ser empregadas para simular os passos do algoritmo, nas próximas subseções serão comentadas as que foram adotadas, justificando sua abordagem no presente trabalho.

##### 1) Representação do cromossomo

A representação cromossômica é essencial para o algoritmo genético e consiste em uma maneira de interpretar as informações do problema em uma expressão funcional que possa ser tratada pelo computador. A adequação da representação ao problema implica diretamente na qualidade dos resultados gerados pelo algoritmo. Uma vez escolhida a representação cromossômica, essa escolha implica diretamente no uso dos operadores genéticos [12].

A definição da representação cromossômica fica a critério do programador, desde que esta esteja adequada ao problema. Entretanto, existem algumas regras gerais que devem ser levadas em consideração, são elas:

1. A representação deve ser a mais simples possível;
2. Se houver soluções proibidas ao problema, elas não devem ter uma representação possível;
3. Se o problema impor condições de algum tipo, estas devem estar implícitas dentro da representação [8].

Seguindo estes conceitos a representação cromossômica simboliza as possíveis soluções do problema, geralmente representados por vetores de soluções, que de acordo com o problema assumem diferentes estruturas, dentre elas, existe a binária, a qual é descrita como a mais simples e utilizada na literatura dos algoritmos genéticos. A representação binária nada mais é do que um cromossomo (vetor) formado por uma sequência de bits (cada bit um gene), onde os valores destes são compostos pelos valores 1 ou 0 [12].

Outra forma de representação, sendo esta mais utilizada em problemas de otimização combinatória, é a representação cromossômica por lista. Nesta implementação a solução está relacionada com a ordem que os elementos estão dispostos na mesma. Nela cada elemento é associado a uma casa a ser visitada pelo carteiro, ao qual corresponde a um gene do cromossomo  $C_{i,j}$ , as casas são dispostas na ordem em que serão visitadas, como por exemplo: partindo do depósito  $C_0$ , o carteiro deve visitar o ponto  $C_{0,1}$ ,  $C_{1,3}$ ,  $C_{3,4}$ ,  $C_{4,6}$ ,  $C_{5,2}$ ,  $C_{2,1}$ , onde  $C_i$  é a atual localização do entregador e o  $C_j$ , é a próxima casa que o carteiro irá visitar [14]. A Figura 3 mostra um cromossomo válido que possui como ponto de origem e retorno a sede dos correios.

Figura 3: Cromossomo válido.

1	3	4	5	2	1
---	---	---	---	---	---

Neste caso foi adicionado o depósito na representação cromossômica. O mesmo sempre será simbolizado pelo número 1 e, obrigatoriamente estará no início e fim do cromossomo, de modo a estabelecer o caminho de saída e chegada nos correios.

### 2) Operadores Genéticos

Os operadores genéticos consistem em aproximações computacionais de fenômenos vistos na natureza, como: a reprodução sexuada, a mutação genética e quaisquer outros que a imaginação dos programadores consiga reproduzir [8]. Os mesmos são responsáveis por alterar as populações durante sucessivas gerações para que o AG consiga encontrar valores satisfatórios para a resolução do problema. Temos a seguinte definição dos operadores genéticos [1]:

a) Operador de seleção: faz a seleção dos pais mais aptos a fim de reproduzir membros da população que tenham condições de atingir a função objetivo;

b) Operador de mutação: são necessários para a introdução e manutenção da diversidade genética da população, alterando um ou mais componentes de uma estrutura escolhida. Desta forma, a mutação assegura que a probabilidade de se chegar a qualquer ponto do espaço de solução nunca seja zero;

c) Operador de cruzamento: é responsável pela recombinação das características dos pais durante a reprodução, permitindo assim a herança das características dos pais.

Existem vários operadores de seleção, entre os mais utilizados estão os baseados em probabilidade, ranking e torneio. Dentre os baseados em probabilidade destaca-se o método da Seleção Proporcional. Na seleção proporcional ou Roleta, cada indivíduo “i” possui uma probabilidade de sobrevivência de acordo com a sua aptidão, ou seja, quanto maior a aptidão do indivíduo, maior será a chance dele de ser escolhido para participar do cruzamento [8].

O operador de cruzamento em problemas de otimização combinatória não é o mesmo empregado na representação binária, pois este processo poderia resultar na geração de filhos inválidos, ou seja, indivíduos que violariam as restrições impostas pelo problema. Para evitar que filhos inválidos sejam gerados é necessário a adoção de uma heurística de cruzamento, no caso o PMX (Partially Mapped Crossover). Proposto por Goldberg e Lingle em 1985, este método utiliza dois pontos de corte. Para cada par de pais, foram escolhidos dois pontos de corte aleatórios e permutado o material genético contido entre eles para gerar os filhos, caso algum filho seja inválido utiliza-se uma matriz de mapeamento que representa os valores dos pais que serão trocados caso haja valores repetidos no cromossomo [14].

Após o cruzamento, de acordo com a probabilidade, pode ocorrer a mutação do cromossomo. O operador escolhido foi o SWAP mutation. Nele são sorteados dois valores aleatórios que correspondem à posição do vetor que representa o cromossomo. Eles definirão onde os pontos de entrega serão trocados de posição. Depois disso é calculado a avaliação da

população para saber quem é o melhor indivíduo. Este processo se repete até a quantidade de gerações definidas pelo usuário [14].

À medida que as rotas são traçadas pelo AG, alguns problemas podem ocorrer. Dentre eles, destacam-se que as rotas geradas podem eventualmente se cruzar. Para solucionar este problema, existem algumas heurísticas de melhoramento que podem ser utilizadas, uma delas é o 2-OPT. Proposto por LINS em 1973, o 2-OPT é uma heurística que busca, através de uma solução inicial, fazer trocas entre as rotas, a fim de diminuir seu custo original, ou seja, quando um cruzamento de rotas é identificado o 2-OPT é usado para desfazê-los. Por meio da troca das ligações entre as casas, a heurística cria novas rotas com percursos alternativos. Se o custo da nova rota for menor que o da original, a rota é mantida. Este método é executado até que permaneça a menor rota possível para as casas selecionadas [7].

### 3) Avaliação

A aptidão do indivíduo é medida de acordo com a sua função de avaliação. A função de avaliação é a maneira utilizada pelos Algoritmos Genéticos para estipular as chances de um indivíduo ser a solução do problema a ser tratado [8]. Pode-se entendê-la mais facilmente ao se olhar para a função de avaliação como sendo a nota dada a um indivíduo na resolução de um problema. No problema em questão, a aptidão é calculada através da fórmula da distância entre dois pontos:

$$\sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Onde:

- $x_x$  - Coordenada x do ponto  $P_x$ .
- $y_x$  - Coordenada y do ponto  $P_x$ .
- $n$  - Número total de Pontos.
- $i$  - Contador do número de pontos.

As distâncias entre as casas são medidas através de coordenadas geográficas (latitude e longitude), aos quais são extraídas de um arquivo XML importado da base de dados do OpenStreetMap. Este arquivo por sua vez é convertido em um formato de matriz que será usada na construção do protótipo do software na linguagem MATLAB. Desta forma é feita a soma das distâncias ponto a ponto para determinar o fitness de cada cromossomo.

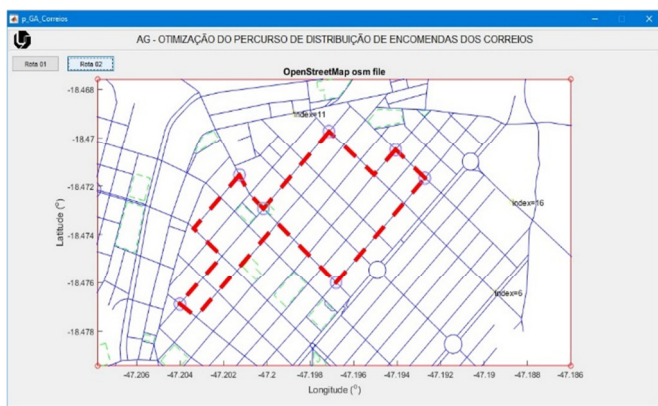
## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificação da validade dos mapas gerados pelo software proposto, os mesmos foram comparados com algumas rotas elaboradas pelos carteiros do município em estudo. Devido à natureza dos algoritmos utilizados, os resultados apresentados podem variar conforme cada execução. Contudo, os valores podem ser considerados satisfatórios ao problema proposto, uma vez que a rota gerada é válida para resolver o problema em questão. Vale destacar que o projeto é um protótipo, logo, o mesmo visa apresentar a capacidade dos algoritmos desenvolvidos em resolver problemas do cotidiano, mesmo aqueles que

julgados como ‘dependentes da mão-de-obra humana’. Para uma utilização em massa dos algoritmos é necessário a mudança do software para uma linguagem mais robusta em questão de processamento, uma vez que o problema tratado cresce exponencialmente com a demanda, e a linguagem MATLAB nos testes elaborados para verificar a criação de rotas maiores não foi capaz de gerar resultados em um tempo considerado satisfatório, quando era exigida uma grande demanda. Na Figura 4 é possível verificar a rota gerada pelo software desenvolvido.

Conforme o resultado obtido, é possível observar que o algoritmo obedeceu aos trajetos de um mapa real do município utilizado como base. Logo, independente do local a ser implementado. O AG será capaz de gerar uma rota que obedeça aos limites físicos das ruas. Independentemente do local de origem, ou destino da encomenda.

Figura 4: Proposta de Rota Gerada.



#### IV. CONCLUSÕES

Através da comparação entre os resultados gerados pela aplicação e os elaborados pelos carteiros, é possível confirmar que o software consegue traçar rotas com a mesma eficiência esperada que um profissional treinado da área.

Os resultados obtidos são animadores, e novas pesquisas deverão ser realizadas a fim de melhorar o desempenho da aplicação e facilitar sua adoção pelas sedes dos correios espalhadas pelas diversas cidades do país. Dentre os pontos que deverão ser pesquisados futuramente, destacam-se: utilização do algoritmo em uma maior gama de objetos e pontos de entrega de encomendas; adaptação do algoritmo para trabalhar com roteamento de veículos de distribuição; a comparação da qualidade dos resultados obtidos pelo algoritmo frente a outros métodos de estimação de rotas.

#### REFERÊNCIAS

[1] BORGES, S. K. Resolução de timetabling utilizando algoritmos genéticos e evolução cooperativa. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

[2] COELHO, L. R. Infraestrutura das rodovias no Brasil. 2010. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/infra-estrutura-das-rodovias-no-brasil/>>. Acesso em: 24 nov. 2016, em:.

[3] COMISSÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial. 2017. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>>. Acesso: 28 ago. 2017.

[4] CORMEN, T. H. et al. *Algoritmos teoria e prática*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

[5] CORREIOS. História Postal. 2016. Disponível em: <<https://www.correios.com.br/sobre-correios/a-empresa/historia/historia-postal/#ECT>>. Acesso em: 28 nov. 2016.

[6] ESTADÃO CONTEÚDO. Comércio eletrônico cresce 7,5% no 1º semestre de 2017, diz EBIT. Revista Pequenas empresas, Grandes Negócios. Disponível em: <<https://revistapegn.globo.com/Negocios/noticia/2017/08/comercio-eletronico-cresce-75-no-1-semester-de-2017-diz-ebit.html>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

[7] GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L et al. . *Otimização Combinatória e Programação Linear*. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2000.

[8] LINDEN, R. *Algoritmos Genéticos: uma importante ferramenta da inteligência computacional*. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

[9] MAIA, F.; BERNARDES, A. Brasil gasta o equivalente a 11,6% do PIB com logística em rodovias: as causas para o alto curso logístico das mercadorias brasileiras esbarram na infraestrutura que contribui diretamente para o custo Brasil. *Correio Braziliense – Cidades*. 2016. Disponível em: <[http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/08/11/interna\\_cidadesdf,544003/brasil-gasta-o-equivalente-a-11-6-do-pib-com-logistica.shtml](http://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/08/11/interna_cidadesdf,544003/brasil-gasta-o-equivalente-a-11-6-do-pib-com-logistica.shtml)>. Acesso em: 21 nov. 2016.

[10] MÉNDEZ, Y. S.; GUARDIA, L. E. T. Problema do Caminho Mais Curto: Algoritmo de Dijkstra. 2008. 12f. Artigo (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal Fluminense, Niteri, 2008.

[11] OpenStreetMap. O OpenStreetMap fornece dados a centenas de sites na internet, aplicações de celular e outros dispositivos. 2016. Disponível em: <<http://www.openstreetmap.org/about>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

[12] RODRIGUES, G. P. Otimização de rotas através da aplicação de algoritmos exatos e heurísticos. 2004. 53 f. Monografia (Graduação EM Ciência da Computação) , Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, 2004.

[13] SILVEIRA, J. F. P. O problema do caixeiro viajante. Porto Alegre: UFRGS. 2000. Disponível em: <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/caixeiro.html>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

[14] VIEIRA, H. P. Metaheurística para a solução de problemas de roteamento de veículos com janela de tempo. 2013, 108f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) – Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.