

Victor Hugo Carlquist da Silva

*MTSP*

Campos do Jordão

22 de novembro de 2013

Victor Hugo Carlquist da Silva

## *MTSP*

Trabalho apresentado a Profa. Thalita Biazuz Veronese, na disciplina de Metodologia de Pesquisa no 4ª módulo do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas no IFSP-CJO.

Orientador:  
Thalita Biazuz Veronese

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO –  
*campus* CAMPOS DO JORDÃO

Campos do Jordão

22 de novembro de 2013

# Sumário

## Lista de Tabelas

## Lista de Figuras

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	p. 5
1.1	Justificativa . . . . .	p. 5
1.2	Metodologia . . . . .	p. 5
1.3	Problema do Caixeiro Viajante ( <i>Traveling Salesman Problem</i> - TSP) .	p. 6
1.4	Problema dos Múltiplos Caixeiros Viajantes ( <i>Multiple Traveling Salesman Problem</i> - mTSP) . . . . .	p. 6
1.5	Algoritmos genéticos . . . . .	p. 6
1.5.1	Operadores de cruzamento . . . . .	p. 7
1.5.2	Operadores de mutação . . . . .	p. 9
1.5.3	Algoritmo Genético Híbrido . . . . .	p. 9
<b>2</b>	<b>Algoritmo de Dijkstra</b>	p. 10
<b>3</b>	<b>Estado da Arte</b>	p. 11
	<b>Referências Bibliográficas</b>	p. 12

## *Lista de Tabelas*

## *Lista de Figuras*

# 1 *Introdução*

## 1.1 Justificativa

Hoje em dia o transporte veicular tornou-se algo de suma importância, impactando tanto positivamente quanto negativamente na sociedade e no meio ambiente, principalmente na economia.

Além de agilizar o transporte de pessoas, materiais e animais, o transporte veicular também gera despesas com combustível, manutenção, etc. Se um veículo percorrer uma menor rota, a empresa diminui custos, com, por exemplo, combustível, manutenção e tempo de entrega.

Cada vez as cidades estão ficando maiores e a complexidade rodoviária cresce, dificultando a análise da melhor rota a se percorrer. Esse problema tende a ficar mais complexo conforme aumenta a quantidade de veículos que a empresa possui. Com isso, surge a necessidade de criar *softwares* cada vez mais robustos que resolvam o problema de roteirização de veículos.

## 1.2 Metodologia

A metodologia de pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho está classificada a seguir:

- Natureza: Aplicada;
- Quanto aos objetivos: Exploratória;
- Procedimentos técnicos: Bibliográfica, documental e experimental;

O objetivo é desenvolver um *software* que encontre a rota ótima, ou quase ótima, para múltiplos caixeiros viajantes. O experimento será empírico, modificando o número de

vertices do digrafo será possível estudar o desempenho das rotas e o tempo de execução.

Esta pesquisa tem como objetivo mostrar o uso de Algoritmos Genéticos na resolução do problemas dos múltiplos caixeiros viajantes(*Multiple Traveling Salesman Problem - MTSP*)

### 1.3 Problema do Caixeiro Viajante (*Traveling Salesman Problem - TSP*)

O problema do Caixeiro Viajante(TSP) consiste em estabelecer uma rota que passe por cada vértice do grafo apenas uma vez e retorne ao vértice de partida. O número de rotas possíveis pode ser expressa por  $(n-1)!$ , sendo  $n$  o número de vértices. O problema TSP é classificado como *NP-Hard*, ou seja, não existe algoritmo com limitação polinomial capaz de resolvê-lo (BENEVIDES et al., 2012).

### 1.4 Problema dos Múltiplos Caixeiros Viajantes (*Multiple Traveling Salesman Problem - mTSP*)

O problema dos Múltiplos Caixeiros Viajantes (mTSP) consiste em estabelecer várias rotas, uma para cada caixeiro que pode estar em lugares diferentes, passando por cada vértice do grafo apenas uma vez e retorne ao seu vértice de partida.

### 1.5 Algoritmos genéticos

Segundo (CORREIA, 2003), os Algoritmos Genéticos(AG) são técnicas de procura e optimização baseados em mecanismos de seleção natural.

Nas décadas de 60 e 70, John Holland e seus colegas da Universidade de Michigan criaram modelos para estudar o processo de adaptação dos seres vivos. Holland realizou diversas pesquisas e em 1975 publicou o seu livro intitulado *Adaptation in Natural and Artificial System*. Hoje, este livro é considerado um dos mais importantes sobre Algoritmos Genéticos (CARVALHO, 2013).

Em AG, o cromossomo é uma estrutura de dados (um conjunto de genes) que armazena uma possível solução de um problema. Sendo que cada indivíduo tem um cromossomo, os indivíduos são cruzados gerando novos indivíduos, conforme a população cresce, surgem

indivíduos cada vez mais aptos, sendo que um deles será o mais apto, contendo no seu cromossomo a solução do problema.

O AG possui alguns parâmetros que devem ser levados em consideração (CARVALHO, 2013):

- *Tamanho da população:* Uma população pequena deixará o lento o desempenho, pois terá um pequeno conjunto para a busca de solução do problema. Já uma população muito grande pode afetar o desempenho do algoritmo;
- *Taxa de Cruzamento:* Quanto maior a taxa, mais rapidamente novos indivíduos serão introduzidos na população. Mas se a taxa for muito alta, pode-se eliminar indivíduos aptos. Com a taxa de cruzamento pequena, o algoritmo se torna lento;
- *Taxa de Mutação:* Com uma alta taxa de mutação o algoritmo fica aleatório, mas com uma baixa taxa previne que os indivíduos sejam os mesmos.

### 1.5.1 Operadores de cruzamento

Os operadores de cruzamento definem como ocorrerá o cruzamento entre dois indivíduos (MALAQUIAS, 2006):

- *Partially-mapped crossover* (PMX);
- *Edge Recombination* (ERX);
- *Cycle crossover* (CX);
- *Order Crossover* (OX);
- *Order Based Crossover* (OX2);

Neste trabalho apenas será abordado o PMX, que foi utilizado no software, e o ERX, que será utilizado nas versões futuras do sistema.

#### ***Partially-mapped crossover - PMX***

O operador de cruzamento de mapeamento parcial seleciona copia os genes do pai e substitui alguns genes de um outro pai, como a **figura ??** demonstra:



### ***Edge Recombination (ERX)***

Este método é muito utilizado para o problema do caixeiro viajante por priorizar a adjacência dos vértices do grafo.

Os passos para a geração dos filhos é a seguinte:

1. Criar uma lista de arestas de ambos os pais;
2. Deverá ser criada uma lista para cada cidade com todas as cidades conectada a ela e a, pelo menos, um gene do pai;

Considere os dois cromossomos:

$$P1 = (123456)$$

$$P2 = (341625)$$

A lista de arestas correspondente será:

- cidade 1:  $(1, 2), (6, 1), (4, 1)$
- cidade 2:  $(1, 2), (2, 3), (6, 2), (2, 5)$
- cidade 3:  $(2, 3), (3, 4), (5, 3)$
- cidade 4:  $(3, 4), (4, 5), (4, 1)$
- cidade 5:  $(4, 5), (5, 6), (2, 5), (5, 3)$
- cidade 6:  $(5, 6), (6, 1), (6, 2)$

Suponha que  $(ij) = (ji)$ .

No ERX é possível gerar um ou dois filhos. Para gerar um filho deve-se seguir o seguinte procedimento:

- Selecionar a cidade inicial de um dos pais (cidade 1 ou 3), pode-se selecionar a cidade com o menor número de arestas (como deu empate entre a cidade 1 e 3 seleciona-se a cidade 1)

$$O_1 = (1xxxx);$$

- A cidade 1 é adjacente às cidades 2,4 e 6. A próxima cidade será aquela com menor número de arestas (cidade 4)  
 $O_1 = (14xxx)$ ;
- Repetir o passo 2 até completar o cromossomo.

### 1.5.2 Operadores de mutação

Os operadores de mutação definem como será realizada a mutação de um cromossomo (MALAQUIAS, 2006):

- *Exchange Mutation* (EM);
- *Simple Inversion Operator* (SIM);
- *Displacement Mutation* (DM);
- *Insertion Mutation* (ISM);
- *Inversion Mutation* (IVM);
- *Scramble Mutation* (SM);

Neste trabalho será abordado apenas o operador de mutação EM, pois foi utilizado no desenvolvido da solução.

### 1.5.3 Algoritmo Genético Híbrido

Os algoritmos Genéticos possuem o objetivo de serem robusto. Os AGs tem dificuldade em encontrar o caminho ótimo, devido ao processo de avaliação do cromossomo. Para solucionar esse problema foi criado os algoritmos genéticos híbridos.

Os algoritmos genéticos híbridos consistem em utilizar um outro método em conjunto com o AG, produzindo algoritmos eficientes na prática.

## *2 Algoritmo de Dijkstra*

### 3 *Estado da Arte*

Existem diversos trabalhos sobre a utilização de Algoritmos Genéticos na resolução do problema do TSP. Segundo (WU, 2007), que criou uma implementação para resolver este problema, mostrou que AG não são eficientes na resolução do TSP em comparação com métodos exatos. Neste trabalho o AG levou mais tempo e não encontrou a solução ótima em comparação com algoritmos exatos.

A utilização de AGs mostrou-se mais eficiente na resolução do mTSP do que na resolução do TSP, levando-se em conta um maior tempo de processamento para o caso mais complexo.

A solução apresentada em (BELFIORE, 2006) propõe resolver os problemas de roteirização de veículos com entregas fracionadas, problema clássico de roteirização de veículos e com frota heterogênea criando o algoritmo de roteirização de veículos com frota heterogênea, restrições de janelas de tempo e entregas fracionadas (*Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries* (HFVRPTWSD)) utilizando Algoritmo Genético (AG).

Na proposta apresentada no (SEDIGHPOUR et al., 2011) para a resolução do mTSP com um depósito, foi criado um único cromossomo utilizando o método *two-part*, que será explicado na próxima seção. Este método mostrou-se muito eficiente.

Em (WU, 2007) mostra que é possível calcular as rotas de múltiplos veículos utilizando AG para igualar o tempo de espera de encomendas de clientes, sendo que a variável "menor tempo da rota" não é levada em consideração.

## *Referências Bibliográficas*

BELFIORE, P. P. *Scatter search para Problemas de Roteirização de Veículos com Frota Heterogênea, Janelas de Tempo e Entregas Fracionadas*. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção., 2006.

BENEVIDES, P. F. et al. AplicaÇÃo e anÁlise de alguns procedimentos de contruÇÃo de rota para o problema do caixeiro viajante. *Revista Ingeniería Industrial*, p. 17–25, 2012.

CARVALHO, A. P. de Leon F. de. *Algoritmos Genéticos*. 2013. Disponível em: <<http://www2.icmc.usp.br/~andre/research/genetic/>>.

CORREIA, M. Algoritmos genéticos. *dosalgarves*, p. 36–43, junho 2003.

MALAGUIAS, N. G. L. *Uso dos algoritmos genéticos para a otimização de rotas de distribuição*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

SEDIGHPOUR, M.; YOUSEFIKHOSHBAKHT, M.; DARANI, N. M. An effective genetic algorithm for solving the multiple traveling salesman problem. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, p. 73–79, 2011.

WU, L. *O problema de roteirização periódica de veículos*. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes., 2007.