

LAB 10: Um algoritmo baseado na
metaheurística de Busca Local Iterada
(*Iterated Local Search*) para o Problema
do Caixeiro Viajante (*Travelling
Salesman Problem*)

Prof. Éverton Santi

Problema

- Você decidiu que irá conhecer as 10 maiores cidades do Rio Grande do Norte em termos de número de habitantes.

Código	Cidade	Habitantes
1	Natal	869 954
2	Mossoró	288 162
3	Parnamirim	242 384
4	São Gonçalo do Amarante	98 260
5	Macaíba	78 021
6	Ceará-Mirim	72 878
7	Caicó	71 238
8	Assu	57 292
9	Currais Novos	44 887
10	São José de Mipibu	43 191

Pergunta: Partindo-se de Natal, qual a ordem de visitação das cidades, sem passar mais de uma vez pela mesma cidade e voltando ao ponto de partida, cujo deslocamento em Km é mínimo?

ANEXO I: DISTÂNCIA EM Km ENTRE AS 10 MAIORES CIDADES DO RIO GRANDE DO NORTE

	Natal	Mossoró	Parnamirim	São G. do Amarante	Macaíba	Ceará-Mirim	Caicó	Assu	Currais Novos	S. J. de Mipibu
Natal	0	281	20.9	18.1	29	39.7	273	214	187	38.4
Mossoró	281	0	269	263	254	255	192	73.7	207	286
Parnamirim	20.9	269	0	24.5	16.5	40.6	261	201	175	19.6
São Gonçalo do Amarante	18.1	263	24.5	0	9.3	21.5	255	196	169	42.2
Macaiba	29	254	16.5	9.3	0	30.8	246	187	160	33.4
Ceará-Mirim	39.7	255	40.6	21.5	30.8	0	276	188	190	63.4
Caicó	273	192	261	255	246	276	0	135	87.3	277
Assu	214	73.7	201	196	187	188	135	0	140	218
Currais Novos	187	207	175	169	160	190	87.3	140	0	192
São José de Mipibu	38.4	286	19.6	42.2	33.4	63.4	277	218	192	0

Fonte: <http://distanciacydades.com/>

Solução ótima obtida via CPLEX (*branch-and-bound*): 0.04 segundos

⇒ Natal ⇒ Parnamirim ⇒ São José de Mipibu ⇒ Macaíba ⇒ Currais Novos ⇒ Caicó
⇒ Mossoró ⇒ Assu ⇒ Ceará-Mirim ⇒ São Gonçalo do Amarante ⇒ Natal

- Custo: 814.5 Km;
- Não existe outra solução para este problema cujo custo seja menor;
- Pode haver outra solução de mesmo custo;

Número de rotas em função do número de cidades

Número de Cidades	Número de soluções
10	181,440
15	4.4E+10
20	6.1E+16
25	3.1E+23
50	3.0E+62
100	4.7E+155

Problema do Caixeiro Viajante é NP-árduo

Heurísticas e metaheurísticas

- Soluções de boa qualidade são aceitas na impossibilidade de se obter a solução ótima;
- Heurística: algoritmo que fornece uma solução para um problema;
- Metaheurística: métodos que possuem estratégias de busca mais especializadas;

Heurísticas e Metaheurísticas

- Colônia de formigas;
- Têmpera Simulada;
- Busca em Vizinhaça Variada;
- Busca Tabu;
- Otimização por Nuvem de Partículas;
- Algoritmos Genéticos;

Busca Local Iterada (BLI)

1. $s = \text{gera_solucao_inicial}();$
2. $s^* = \text{busca_local}(s);$
3. Enquanto critério de parada não satisfeito
 - 3.1. $s = \text{perturba}(s^*);$
 - 3.2. $s = \text{busca_local}(s);$
 - 3.3. se custo de s melhor que custo de s^* então
 - 3.3.1. $s^* = s;$
 - 3.4. Fim Se;
4. Fim Enquanto

Codificação BLI: dados do problema

ANEXO I: DISTÂNCIA EM Km ENTRE AS 10 MAIORES CIDADES DO RIO GRANDE DO NORTE

	Natal	Mossoró	Parnamirim	São G. do Amarante	Macaíba	Ceará-Mirim	Caicó	Assu	Currais Novos	S. J. de Mipibu
Natal	0	281	20.9	18.1	29	39.7	273	214	187	38.4
Mossoró	281	0	269	263	254	255	192	73.7	207	286
Parnamirim	20.9	269	0	24.5	16.5	40.6	261	201	175	19.6
São Gonçalo do Amarante	18.1	263	24.5	0	9.3	21.5	255	196	169	42.2
Macaíba	29	254	16.5	9.3	0	30.8	246	187	160	33.4
Ceará-Mirim	39.7	255	40.6	21.5	30.8	0	276	188	190	63.4
Caicó	273	192	261	255	246	276	0	135	87.3	277
Assu	214	73.7	201	196	187	188	135	0	140	218
Currais Novos	187	207	175	169	160	190	87.3	140	0	192
São José de Mipibu	38.4	286	19.6	42.2	33.4	63.4	277	218	192	0

Fonte: <http://distanciacidades.com/>

Codificação BLI: solução

- Um *array* de inteiros com n elementos, em que n corresponde ao número de cidades consideradas
 - {1, 3, 10, 5, 9, 7, 2, 8, 6, 4}

Código	Cidade	Habitantes
1	Natal	869 954
2	Mossoró	288 162
3	Parnamirim	242 384
4	São Gonçalo do Amarante	98 260
5	Macaíba	78 021
6	Ceará-Mirim	72 878
7	Caicó	71 238
8	Assu	57 292
9	Currais Novos	44 887
10	São José de Mipibu	43 191

Codificação BLI: Calculando o custo de uma solução

Rota = {1, 3, 10, 5, 9, 7, 2, 8, 6, 4}

ANEXO I: DISTÂNCIA EM Km ENTRE AS 10 MAIORES CIDADES DO RIO GRANDE DO NORTE

	Natal	Mossoró	Parnamirim	São G. do Amarante	Macaíba	Ceará-Mirim	Caicó	Assu	Currais Novos	S. J. de Mipibu
Natal	0	281	20.9	18.1	29	39.7	273	214	187	38.4
Mossoró	281	0	269	263	254	255	192	73.7	207	286
Parnamirim	20.9	269	0	24.5	16.5	40.6	261	201	175	19.6
São Gonçalo do Amarante	18.1	263	24.5	0	9.3	21.5	255	196	169	42.2
Macaíba	29	254	16.5	9.3	0	30.8	246	187	160	33.4
Ceará-Mirim	39.7	255	40.6	21.5	30.8	0	276	188	190	63.4
Caicó	273	192	261	255	246	276	0	135	87.3	277
Assu	214	73.7	201	196	187	188	135	0	140	218
Currais Novos	187	207	175	169	160	190	87.3	140	0	192
São José de Mipibu	38.4	286	19.6	42.2	33.4	63.4	277	218	192	0

Fonte: <http://distanciacidades.com/>

Codificação BLI: solução inicial

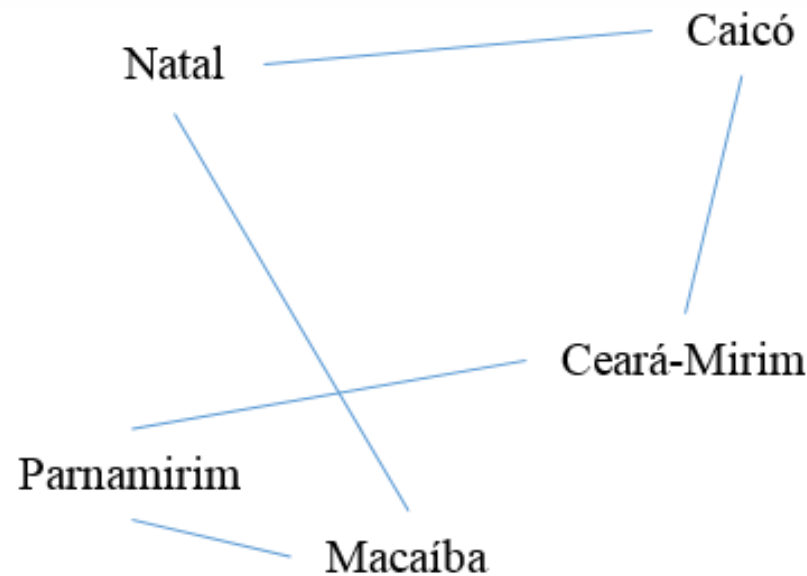
- Pode ser gerada aleatoriamente
 - {1, 3, 10, 5, 9, 7, 2, 8, 6, 4}
- Não repetir cidades;
- A primeira cidade no *array* deve ser sempre o ponto de partida;

Codificação BLI: Perturbação

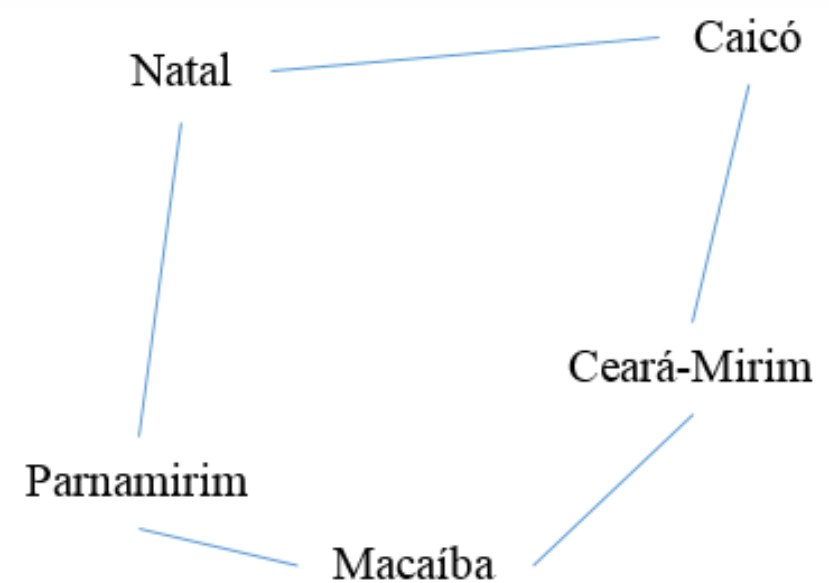
- Alterar aleatoriamente a solução
 - {1, 3, 10, 5, 9, 7, 2, 8, 6, 4}
 - {1, 3, 8, 5, 9, 7, 2, 10, 6, 4}

Codificação BLI: busca local

- Obter ótimos locais;
- Busca 2-opt: inverter a ordem de cada uma das subrotas contidas na solução



(a)



(b)

Sua vez

- Implemente uma BLI para o Problema do Caixeiro Viajante;
- Considere trabalhar em grupo;
- Vai dar um pouco de trabalho!