

## Metaheurísticas com operadores de busca locais para o problema de roteamento de veículos capacitado

Bruno A. de Oliveira<sup>1</sup>

PUC-GO, Goiânia, GO

Edgar M. A. Júnior<sup>2</sup>

PUC-GO, Goiânia, GO

Maria J. P. Dantas<sup>3</sup>

PUC-GO, Goiânia, GO

O Problema de Roteamento de Veículos (PRV), proposto por Dantzig e Ramser [3], consiste em uma frota de caminhões que devem atender vários clientes, buscando minimizar a distância total percorrida, sendo necessário visitar cada cliente exatamente uma vez. O problema é uma generalização do Problema do Caixeiro Viajante (PCV), que busca uma única rota [7]. Por ser uma generalização do PCV, o problema é *NP-Hard*, o que significa que não foi encontrado um algoritmo que possa encontrar a solução ótima em um tempo aceitável [6].

Há um grande interesse na resolução do PRV, podendo ser aplicado em muitos problemas reais de roteamento [10]. Sua variante mais básica é o Problema de Roteamento de Veículos Capacitado (PRVC), que adiciona capacidade ao caminhão e demanda aos clientes [9]. Para resolver em um tempo factível, podem ser utilizadas metaheurísticas para encontrar soluções satisfatórias [1].

Para o estudo do problema e algoritmos já utilizados, foi realizada uma revisão sistemática de literatura (RSL) e selecionados para leitura 39 artigos publicados entre 2014–2019, que estudaram o PCV ou o PRV, todos da base *Web of Science*.

O objetivo desta pesquisa é usar metaheurísticas básicas com refinamento no processo de busca local para resolver problemas de larga escala. Entre as metaheurísticas estudadas, o *Simulated Annealing* (SA) se destaca pela simplicidade [5]. Ele é baseado na metalúrgica, aquecendo um material a altas temperaturas, sendo resfriado lentamente, permitindo que os átomos se organizem, reduzindo os defeitos. Outra metaheurística amplamente utilizada é o *Genetic Algorithm* (GA), inspirado no processo de seleção natural baseado na teoria de Darwin [8]. O algoritmo mantém uma população de soluções que são evoluídas através de mutações e cruzamentos entre as soluções.

Com base na RSL, o *2-opt* foi selecionado para o refinamento da busca local, realizando permutações entre pares de arestas até que não exista nenhum par que possa melhorar a resposta [2]. Nos algoritmos implementados, as trocas foram realizadas em ordem das que mais reduzem o custo.

Inicialmente, os testes foram realizados 100 vezes em cada instância, tomando-se a média dos resultados como o resultado esperado, usando os algoritmos nas versões básicas. As instâncias foram retiradas da *CVRPLIB*, utilizando as 10 primeiras em *Set A*, com 31 até 38 clientes, e a instância *X-n256-k16*, com 255 clientes. O SA consegue atingir, em média, 75% da solução ótima nas instâncias menores e 26% na instância maior. O GA obtém resultados piores: 47% e 16%.

Realizando os testes novamente, o *2-opt* melhorou os resultados de maneira significativa, mas também aumentou o tempo de execução consideravelmente. O SA+*2-opt* atingiu, em média, 99,9%

---

<sup>1</sup>abrunoaa@gmail.com

<sup>2</sup>junior.ancioto@gmail.com

<sup>3</sup>mjpdantas@gmail.com

da solução ótima nas intâncias menores e 96,9% na maior. O GA+2-opt obteve 99,7% e 95,7% sob as mesmas condições. O GA foi implementado sem mutações ou cruzamentos complexos, o que explica os resultados um pouco piores.

Está em andamento os estudos para a implementação de uma metaheurística de inteligência coletiva. Algoritmos desta classe são capazes de simular a auto-organização e compartilhamento de informação inspirados por agentes da natureza [4]. Espera-se que o compartilhamento de informação entre os indivíduos do conjunto de soluções tenha uma melhor capacidade de exploração do espaço de soluções. Na RSL o algoritmo que mais vem apresentando resultados promissores é o ACO [4, 9]. Pretende-se implementá-lo com o algoritmo 2-opt, já analisado nesta pesquisa. Os códigos foram disponibilizados em <https://github.com/abrunoaa/Metaheuristics-Python>, incluindo os arquivos com os resultados encontrados na pasta “results/cvrp”.

## Agradecimentos

Agradecimento ao grupo de pesquisa do Laboratório de Estatística e Modelagem Matemática (LEMM) da PUC Goiás e ao CNPQ pela bolsa PIBIC.

## Referências

- [1] Altinel, I. K. and Öncan, T. A new enhancement of the Clarke and Wright savings heuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56:954–961, 2005. DOI: 10.1057/palgrave.jors.2601916.
- [2] Croes, G. A. A Method for Solving Traveling-Salesman Problems. *Operations Research*, 6:791–812, 1958. DOI: 10.1287/opre.6.6.791.
- [3] Dantzig, G. B. and Ramser, J. H. The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6:80–91, 1959. DOI: 10.1287/mnsc.6.1.80.
- [4] Gupta, A. and Saini, S. On solutions to vehicle routing problems using swarm optimization techniques: A review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 353:345–354, 2017. DOI: 10.1007/978-981-10-3770-2\_32.
- [5] Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D. and Vecchi, M. P. Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220:671–680, 1983. DOI: 10.1126/science.220.4598.671.
- [6] Lenstra, J. K. and Kan, A. H. G. R. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. *Networks*, 11:221–227, 1981. DOI: 10.1002/net.3230110211.
- [7] Lin, S. and Kernighan, B. W. An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem. *Operations Research*, 21:498–516, 1973. DOI: 10.1287/opre.21.2.498.
- [8] Nazif, H. and Lee, L. S. Optimised crossover genetic algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Applied Mathematical Modelling*, 36:2110–2117, 2012. DOI: 10.1016/j.apm.2011.08.010.
- [9] Ni, Q., Tang, Y., and Shi, L. An Ant Colony Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science*, volume 1, 2017. DOI: 10.12783/dtssehs/icssm2017/10409.
- [10] Osaba, E., Yang, X., Diaz, F., Onieva, E., Masegosa, A. D. and Perallos, A. A discrete firefly algorithm to solve a rich vehicle routing problem modelling a newspaper distribution system with recycling policy. *Soft Computing*, 21:5295–5308, 2017. DOI: 10.1007/s00500-016-2114-1.