

## Otimização para o Problema de Roteamento de Veículos Capacitados com Restrições Tridimensionais de Carregamento

Lucas Daniel Padia Rocha <sup>1</sup>

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG

Flávio Vinícius Cruzeiro Martins <sup>2</sup>

Departamento de Computação, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG

Com o avanço da globalização e da internet, o transporte de produtos ocupa uma das funções mais importantes dentro da cadeia de suprimentos. Um dos parâmetros que fortalece essa importância está nos elevados custos envolvidos com o transporte na economia [4].

Dada a importância do transporte rodoviário para as atividades comerciais, é importante analisar os problemas reais enfrentados pelos atores desse ramo de atividade. De acordo com Guimarães [4], questões que se referem ao roteamento e carregamento de veículos, dada a complexidade acerca desses temas, constituem uma das aplicações com mais potencial da área de Pesquisa Operacional, logrando a este ramo da matemática aplicada uma importante posição no âmbito da tomada de decisão em logística.

Este trabalho apresenta uma abordagem para otimizar a solução do problema de Roteamento de Veículos Capacitados com Restrições Tridimensionais de Carregamento (3L-CVRP) [2]. O objetivo deste problema é distribuir de maneira eficiente um conjunto de itens (ou cargas) para seus respectivos clientes. Toda carga está concentrada em um depósito, e deve-se utilizar um conjunto de veículos para entregá-las. O objetivo é minimizar a distância total percorrida e a quantidade total de veículos utilizados.

Para resolver o problema 3L-CVRP, fez-se inicialmente a implementação do algoritmo *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) [1], utilizando a linguagem de programação JAVA aplicado ao problema do Roteamento de Veículos Capacitados (CVRP). A resolução do CVRP é uma etapa intermediária para solução do 3L-CVRP, já que este é uma variante do CVRP com restrições de tridimensionalidade. Os parâmetros utilizados pelo algoritmo neste trabalho foram 300 gerações, 150 indivíduos, 0,80 de taxa de cruzamento, 0,03 de taxa de mutação e 30 execuções.

Para validação e avaliação da estratégia implementada realizou-se experimentos comparando os resultados com os obtidos por Goodson et al. [3]. As instâncias utilizadas em

---

<sup>1</sup>lucaspadia@outlook.com

<sup>2</sup>flaviocruzeiro@cefetmg.br

ambos os trabalhos podem ser encontradas na biblioteca CVRPLIB (*Capacitated Vehicle Routing Problem Library*), que é uma biblioteca específica para o CVRP.

Tabela 1: Resultados Computacionais

Instância	Goodson et al. [3]			Melhor literatura		Algoritmo NSGA-II			
	# Veic	Melhor Custo	Média Custo	# Veic	Custo	# Veic	Melhor Custo	Média	Custo
A-n32-k5	5	853,60	853,60	5	784	5	896	922,23	
A-n33-k5	5	704,20	705,91	5	661	5	713	713,4	
A-n33-k6	6	793,90	793,95	6	742	6	808	820,7	
A-n34-k5	6	826,87	827,26	5	778	5	835	842,9	
A-n36-k5	5	858,71	859,48	5	799	5	928	933,43	
A-n37-k5	5	708,34	709,67	5	669	5	821	835,13	
A-n45-k7	7	1264,99	1288,70	7	1146	7	<b>1264</b>	<b>1266,83</b>	
A-n60-k9	10	1529,82	1535,82	9	1354	9	1538	1548	
P-n16-k8	8	512,82	512,82	8	450	8	<u>450</u>	<b>454,13</b>	
P-n19-k2	3	224,06	224,06	2	212	3	253	256,56	
P-n20-k2	2	233,05	233,05	2	216	2	<b>226</b>	240,46	
P-n22-k8	9	681,06	681,06	8	603	9	<b>619</b>	<b>629,96</b>	
P-n23-k8	9	619,53	619,53	8	529	9	<b>555</b>	<b>579,08</b>	
P-n60-k15	16	1087,41	1098,41	15	968	16	1092	1099,7	

Como pode ser observado na Tabela 1, o algoritmo desenvolvido neste trabalho conseguiu superar os resultados do Goodson et al. [3] em cinco instâncias, que estão destacadas em negrito. Na instância “P-n16-k8”, o algoritmo alcançou o ótimo encontrado na literatura, sublinhado na tabela. Uma informação importante, é que para algumas instâncias, como por exemplo, a “A-n60-k9”, o algoritmo chegou muito próximo do resultado encontrado pelo Goodson et al. [3], mesmo com um número menor de veículos.

Em relação ao tempo, o algoritmo proposto executou em menos de 10 segundos para todas as instâncias testadas. Já na solução do Goodson et al. [3], o maior tempo de execução foi 386 segundos, sendo que seu critério de parada foi realizar no mínimo 100 iterações e o resultado não melhorar por 75 iterações sucessivas.

## Referências

- [1] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2):182–197, April 2002.
- [2] M. Gendreau, M. Iori, G. Laporte, and S. Martello. A tabu search algorithm for a routing and container loading problem. *Transportation Science*, 40(3):342–350, 2006.
- [3] J. C. Goodson, J. W. Ohlmann, and B. W. Thomas. Cyclic-order neighborhoods with application to the vehicle routing problem with stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, 217(2):312–323, 2012.
- [4] T. A. Guimarães. Uma nova abordagem heurística para a resolução do problema do roteamento de veículos capacitados com restrições tridimensionais de carregamento. Master’s thesis, Universidade Federal do Paraná, 2012.