

APLICAÇÃO DE META-HEURÍSTICAS PARA O PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS COM JANELA DE TEMPO E CARGA BI-DIMENSIONAL

Andre Luis Peripolli ¹, Omir Correia Alves Junior ²

¹ Acadêmico do Curso de Ciência da Computação – CCT – bolsista PROIP/UDESC

² Orientador, Departamento de Ciência da Computação – CCT – omalves@gmail.com

Palavras-chave: *Problema de Roteamento de Veículos. Simulated Annealing. Algoritmo Genético.*

Com o avanço da tecnologia e a expansão do processo de globalização das empresas, as operações logísticas cresceram significativamente e demandam por atividades complexas. Os custos relacionados às operações logísticas compõem o preço final e influenciam na qualidade do produto e estima-se que o transporte acarreta em até dois terços do valor do produto (BRAYSY; GENDRAU, 1987 apud VIEIRA, 2013, p. 1). Dentre os vários segmentos de pesquisas da área de logística, destaca-se o problema de roteamento de veículos - PRV. O PRV é um problema de otimização combinatória de classe NP-difícil e consiste na identificação e cálculo de rotas a serem percorridas por operadores logísticos, a fim de minimizar custos de operação de distribuição de produtos (TOTH, VIGO, 2014). No PRV, o custo da operação pode estar relacionado ao tempo consumido, distância percorrida ou quantidade de veículos utilizados para percorrer as rotas. Neste trabalho foi utilizado como custo a distância percorrida.

Há, no entanto, uma significativa quantidade de modelos de PRV. Quanto mais modelos são incorporados no problema, mais tempo computacional é demandado para encontrar sua solução. Com isso, esta pesquisa se restringe a modelos de VRP capacitado com a utilização de janela de tempo e carga bi-dimensional, com aplicação do método exato através do CPLEX e dois métodos meta-heurísticos bio-inspirados, que são o *Simulated Annealing* – SA e o Algoritmo Genético – AG. A utilização das meta-heurísticas visa alcançar resultados ótimos para o problema consumindo menor custo computacional.

Para a realização dos testes foi escolhida a instância de M. M. Solomon que trabalha com 100 clientes e um depósito, com janelas de tempo diversificada para todos os pontos. Este conjunto de problemas que compõem a instância de Solomon é estruturado em três categorias: agrupamento (C1 e C2), aleatório (R1 e R2) e aleatório com agrupamento (RC1 e RC2).

Para obter soluções tanto para o AG quanto para o SA foi incorporado o método k-means, o qual divide os clientes em grupos através da criação de uma certa quantidade (k) de núcleos e então associa cada cliente com o núcleo mais próximo. Este método exige como parâmetros a quantidade e as posições dos núcleos. Para definir ambas as variáveis, cada uma das instâncias foi plotada usando um software para gráficos e em seguida foi sendo manualmente identificado o posicionamento inicial dos núcleos dos agrupamentos. Após estabelecidos os agrupamentos, as soluções foram geradas de forma semi-aleatória dando ênfase aos menores tempos de fechamento da janela de tempo (*l_t*).

Os resultados demonstram que devido ao refinamento durante seu ciclo de execução, o Algoritmo Genético se sobressaiu ao *Simulated Annealing*. No entanto, esperava-se melhores indicadores para as classes de problemas RC, as quais a técnica de agrupamentos deveria ter conduzido a melhores rotas. Pelo método aplicado, os resultados insatisfatórios da classe R eram



esperados. Em relação ao tempo computacional, o AG convergiu em média 65.12% mais rápido que o método exato, e o SA executou com média 79.06%.

Tabela 1. Média dos resultados

Classe	EXATO	AG	SA
C1	828.38	967.01	1074.72
C2	589.87	744.68	826.41
R1	1234.72	1804.41	2157.66
R2	968.19	1502.44	1688.34
RC1	1406.12	1905.42	2063.21
RC2	1089.78	1895.98	2014.55

Com isso, define-se que para a geração de indivíduos tanto para a população do AG quanto para o SA deve ser adotada uma postura mais abrangente, envolvendo outros fatores além do tempo de fechamento da janela de atendimento dos clientes. Um dos métodos é a aplicação de heurísticas de inserção proposta por Solomon(1987) . Outra medida para melhorar os resultados, é a adoção de heurísticas de refinamento na solução obtida.

Apesar do SA ter tido menor tempo de execução, não houve nenhum cenário em que a qualidade da solução apresentada fosse melhor que a do AG, logo, com uma melhor geração de indivíduos já citada e com declínio mais prolongado da temperatura, especula-se que o algoritmo possa convergir para rotas com custos reduzidos e em contrapartida espera-se, como consequência, aumento no tempo de execução.

Referências Bibliográficas:

SOLOMON, M.M. Algorithms for vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. **Operations Research**, v. 35, n. 2, p.254-266, 1987.

TOTH, P.; VIGO, D. **Vehicle routing:** problems, methods and applications. 2 ed. Philadelphia, PA – Estados Unidos da América. Society for Industrial and Applied Mathematics and the Mathematical Optimization Society, 2014.

VIEIRA, H. P. **Metaheuristica para a solução de problemas de roteamento de veículos com janela de tempo.** Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2013.