

APLICAÇÃO DE MÉTODOS HEURÍSTICOS PARA PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM REDES

Nicolas Eliel dos Reis Silva
Jose Elias Claudio Arroyo
DPI
Industria, Inovação e Infraestrutura

Introdução

A crescente demanda por serviços de entrega após a pandemia de COVID-19 apresenta-se como uma necessidade e, agora, um hábito do consumidor. Dados aferidos em pesquisa feita pelo NSC Total revelam que 4 a cada 10 pessoas realizam pedidos por aplicativos, o que consolida o serviço de entrega como um pilar fundamental do varejo moderno. Esse estudo fundamenta-se na proposta de encontrar soluções efetivas para o problema de rotas com caminhões e drones (TSDLSP).

Objetivos

O problema é composto por conjunto de clientes que devem ser atendidos por um caminhão ou por drones lançados de estações estrategicamente escolhidas. O objetivo consiste em determinar a localização dessas estações, definir a rota do caminhão e, para cada estação, definir os clientes que serão atendidos por ela, visando minimizar o custo total. Inicialmente, o problema foi modelado na forma de Programação Linear Inteira Mista (MILP), de modo em que seja possível encontrar soluções através do solver GUROBI, de maneira que seja possível comparar as soluções da heurística com o solver.

Material, Métodos e Metodologia

Para a solução do problema, foram utilizados métodos computacionais que, por sua eficiência e suas características, serviram como base. Como exemplos desses métodos podemos citar estruturas de dados, para organização, armazenamento e manipulação dos dados, funções gulosas e heurísticas. A heurística é composta por etapas sequenciais, nas quais primeiramente é feita uma Estratégia Gulosa Inicial para a alocação de clientes em suas possíveis estações e escolha das melhores. Logo após, é criada uma rota utilizando o algoritmo de Inserção Mais Barata e, a partir dela, são realizadas melhorias locais utilizando os algoritmos de Busca Local 1: 2-OPT, com o objetivo de remover arestas com cruzamento, e Busca Local 2, com a ideia de buscar clientes em estações que serão melhor atendidas pelo caminhão.

Apoio Financeiro



Resultados

Os resultados obtidos nos experimentos, que compararam a heurística com o solver GUROBI, demonstraram a eficácia da abordagem proposta. O principal destaque foi a drástica redução no tempo de execução, sendo, em média, 99% mais rápido em relação ao solver. Além da vantagem temporal, a heurística manteve uma baixa diferença de custo em relação às soluções encontradas pelo GUROBI, com o erro relativo de 11,22%, mantendo-se em uma margem competitiva.

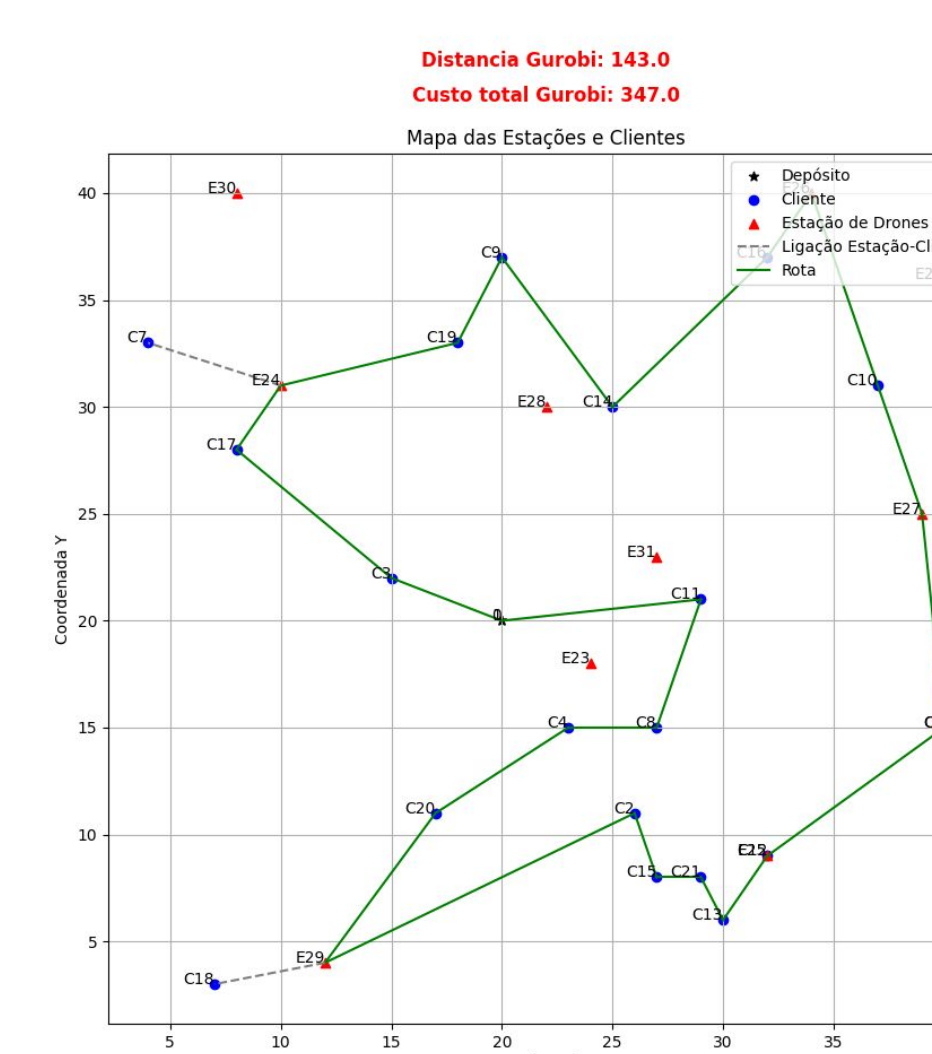


Figura 1: Solução encontrada pelo solver GUROBI

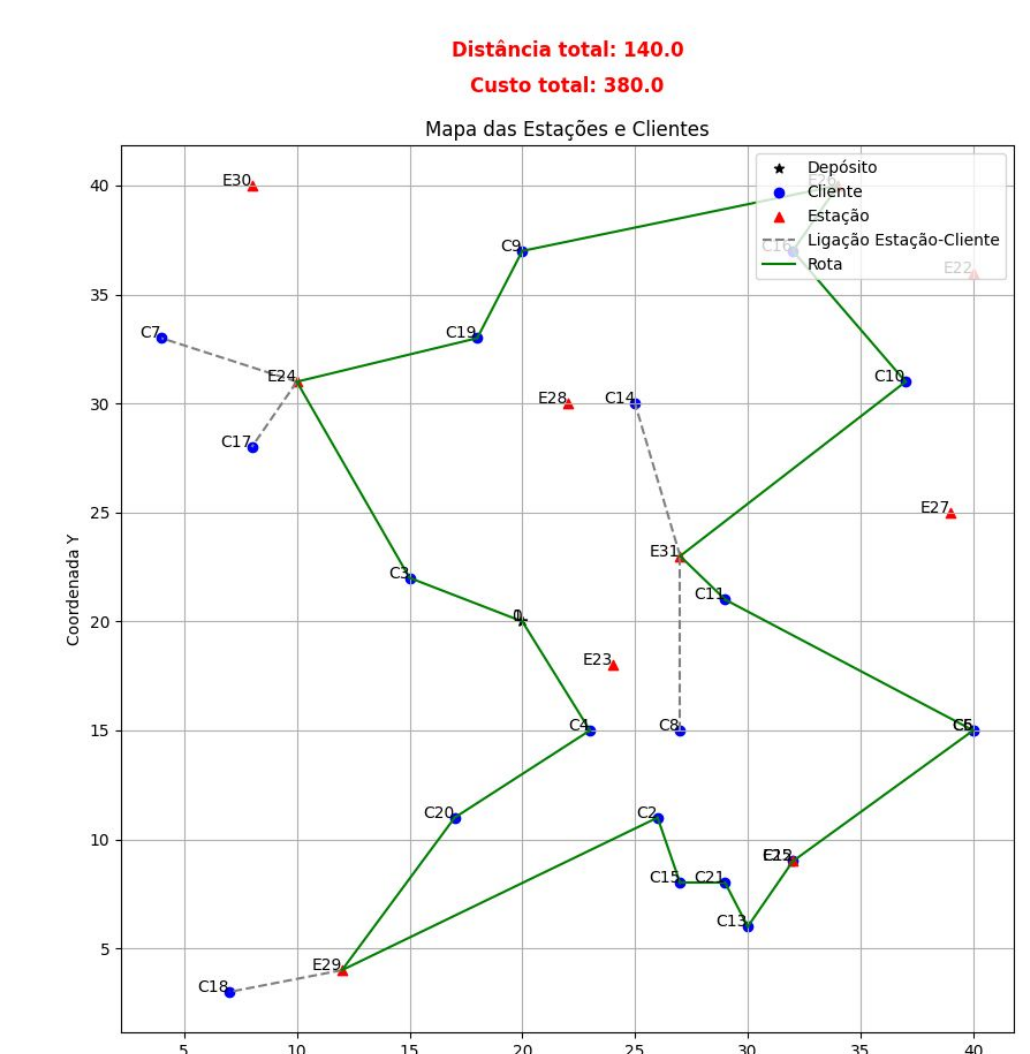


Figura 1: Solução encontrada pela heurística

Conclusões

Pode-se concluir que, a principal desvantagem do método proposto reside na própria natureza das heurísticas, que não garantem a otimalidade da solução. Ao explorar a vizinhança de uma solução inicial, a busca local pode convergir para um ótimo local que não é o ótimo global, o que explica a pequena diferença de custo em favor do GUROBI na maioria das instâncias. Como trabalhos futuros, sugere-se o aprimoramento da solução explorando meta-heurísticas, que são estratégias de busca mais robustas e capazes de evitar ótimos locais. Uma possibilidade promissora é a implementação de um algoritmo GRASP. Essa meta-heurística constrói iterativamente diferentes soluções iniciais de alta qualidade por meio de um processo guloso randomizado e, em seguida, aplica uma busca local a cada uma delas. Essa abordagem aumenta a diversidade das soluções exploradas, elevando a probabilidade de encontrar resultados ainda mais próximos da solução ótima.

Bibliografia

SCHERMER, D.; MOEINI, M.; WENDT, O. The traveling salesman drone station location problem. In: SPRINGER. World congress on global optimization. [S.l.], 2019. p. 1129–1138.
Gurobi Optimization, LLC. Gurobi Optimizer Reference Manual. 2024. Disponível em: <https://www.gurobi.com>.
KIM, S.; MOON, I. Traveling salesman problem with a drone station. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, v. 49, n. 1, p. 42–52, 2019.