

Capítulo IV

Logísticas |

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO E PROGRAMAÇÃO DE ENTREGAS DE COMBUSTÍVEIS

Gabriel Feriancic

Cláudio Barbieri da Cunha

Departamento de Engenharia de Transportes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

Este artigo descreve uma pesquisa de dissertação de mestrado em andamento que tem como objetivo analisar a distribuição de combustíveis. Mais especificamente, pretende-se desenvolver um modelo de roteirização e programação de entregas em postos de combustível, a partir de bases de distribuição, visando otimizar os custos de distribuição e a utilização da frota. O trabalho consiste em dois estágios: no primeiro estágio o problema é especificado e modelado; já no segundo estágio é proposta uma estratégia de solução baseada em métodos heurísticos, mais apropriada a problemas de origem combinatória, como o aqui proposto.

ABSTRACT

This paper describes an in-progress master's research that aims to analyze the distribution of fuels. More specifically, it seeks to develop a routing and scheduling model for the delivery of fuels from distribution facilities to gas stations, such that the distribution and fleet utilization costs are minimized. The work comprises two stages: in the first stage the problem is specified and modeled, while in the second one, a solution strategy is proposed, based on heuristic methods, seen to be more appropriate for combinatorial problems, as the one proposed here.

1. INTRODUÇÃO

O problema de roteirização de veículos busca obter rotas para uma frota de veículos com restrições de capacidade, seguindo percursos fechados a partir de um depósito central e entregando quantidades definidas de carga em pontos específicos, como ilustrado por Bechara e Galvão (1984). O critério de otimização mais frequentemente utilizado é a minimização da distância total percorrida.

A formulação original do problema foi feita por Dantzig e Ramser (1959) e, desde então, vem sendo extensamente estudado, abordando diversas formulações, diferentes métodos de solução e avaliações. Uma dessas formulações foi proposta ainda por Bechara e Galvão (1984) ressaltando um fator extremamente complicador do problema, que é a compartimentalização dos veículos.

A distribuição de derivados de petróleo precisa considerar essa compartimentalização dos veículos da frota. O caminhão-tanque é normalmente dividido em vários compartimentos e, para melhor aproveitamento de cada veículo, cada cliente deve apenas receber um volume do produto correspondente a um ou mais compartimentos preenchidos totalmente.

A introdução desse fator combinatório nos algoritmos heurísticos de solução do problema de roteirização pode comprometer em muito a qualidade da sua solução se não for tratado adequadamente. Este problema, especificamente, tem sido pouco estudado na literatura existente.

Avella, Boccia e Sforza (2004) abordaram um problema de distribuição de combustível com uma formulação próxima à desenvolvida neste trabalho. Eles estudaram a distribuição para postos, a partir de um único local, com uso de frota heterogênea de caminhões-tanque. O objetivo do problema era otimizar os custos de transporte com os recursos já disponíveis.

O enfoque dado pelos autores buscou resolver o problema por um método exato a partir de uma modelagem baseada em *Set Partitioning* e utilizando um algoritmo *Branch-and-Price*. A estratégia de solução proposta pelos autores compreendeu ainda uma heurística combinatorial rápida para a busca de uma boa solução possível e para realizar o pré-processamento do algoritmo exato para limitar o número de combinações avaliadas.

2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema aqui proposto é a distribuição de combustível de um ponto de estoque de uma distribuidora para postos de combustível. Para a realização dessa distribuição, é dada uma frota heterogênea de caminhões-tanque e é necessário determinar a forma como essa frota disponível será alocada para o atendimento de um conjunto de pedidos.

As características dos padrões de frota e da operação desse tipo de entrega foi o primeiro aspecto relevante a diferenciar este problema dos encontrados na literatura. Então, para tornar mais objetiva a formulação a ser proposta e poder validar futuros resultados com dados de uma situação real, optou-se por escolher um caso aplicável e levantar todas as características de sua operação. Em seguida, foi proposta uma modelagem apenas com as características que fossem relevantes e que tivessem semelhança a outras operações de mesma natureza.

O objetivo da distribuição é realizar as entregas no menor tempo possível, e com o mínimo uso de frota terceirizada. Como a distribuidora procura atender os pedidos no mesmo dia, a alocação dos pedidos é feita através da frota disponível no instante da alocação. Todo pedido só não é enviado se houver impossibilidade de frota para o atendimento.

2.1. Características dos Pedidos

Neste estudo apenas são considerados os pedidos que a distribuidora deve entregar. Algumas restrições operacionais podem ser adicionadas ao pedido, como, por exemplo o horário, o tipo e o tamanho de veículo permitido.

Quando necessário, é definida uma janela horária para entrega que deve ser respeitada. Poucos pedidos possuem tal restrição, que resulta numa formulação de distribuição com janelas de tempo.

O padrão do veículo é a pintura do veículo pela qual é identificada a distribuidora. Algumas distribuidoras exigem da sua rede de postos que o combustível seja exclusivo da própria distribuidora. Muitos postos compram combustível de outras distribuidoras, mas exigem que o veículo esteja identificado como sendo da distribuidora correspondente ao posto.

O tamanho do veículo pode ser restrito em postos menores, com área reduzida, que não suportam o recebimento por carretas. Neste caso, a entrega deve ser exclusivamente realizada por veículos menores.

2.2. Características da Frota

Além do padrão de pintura e do tamanho dos veículos, é importante considerar a parte da frota própria da distribuidora e os veículos terceirizados.

Os veículos que compõem a frota própria possuem custos fixos com veículo, motorista e instalações e custos variáveis de combustível e manutenção.

A contratação de veículos terceirizados exige o pagamento de um frete, conforme o valor acordado pelo sindicato da classe. O valor estipulado é em reais por quilômetro por litro.

A tarifa apresenta, porém, duas importantes distorções: primeiramente ela não é proporcional à distância percorrida, pois a quilometragem é em relação à base da distribuidora. A outra distorção é que o custo e o tempo gasto variam muito pouco com a quantidade de combustível entregue, mas o frete é diretamente proporcional a isso. No final, torna-se comum um veículo terceirizado rejeitar uma carga de uma rota não muito boa.

2.3. Método Empírico Atual de Alocação

Atualmente a programação nas empresas é feita com pessoal treinado. Durante a alocação, os pedidos mais difíceis de atender, chamados de *especiais*, são alocados prioritariamente. Em outras palavras, existe prioridade para pedidos com exigência de padrão de caminhão, de horário de entrega programado ou cuja distância de atendimento seja muito grande.

Em seguida, tenta-se completar a carga desses veículos com cargas da mesma área. As áreas de agrupamento de pedidos, na verdade, são correspondentes às rotas mais usuais.

Pontos de atendimento mais distantes tendem a serem atendidos pelos veículos terceirizados, para que seja possível ter maior flexibilidade e utilização da frota própria.

De forma geral, tem-se uma lista de frota, com identificação do tipo do veículo, compartimentalização, padrão de pintura. A outra lista possui os pedidos, indicados com o volume, o local e as observações de restrição. Ambas as listas são apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Exemplo de Tabelas para Alocação de Pedidos (Volumes em 1000 L)

Frota				Pedidos		
Tipo	Compart.	Tipo	Padrão	Volume	Local	Observações
Truck	5-5-5	Próprio	A	5	São Paulo - SP	nenhuma
Carreta	5-10-5-10	Próprio	B	20	Sorocaba - SP	padrão: A ou B
Truck	5-5-5	Próprio	C	15	Diadema - SP	horário: 7-12h / só truck
Carreta	5-5-5-5-5-5	Terceiro	A	5	São Paulo - SP	padrão: apenas C
...	5	Itu - SP	só truck
...

Pedidos para postos localizados em uma mesma região, ou rota, são progressivamente agrupados conforme possível, até completar a capacidade de cada veículo.

3. ESTRATÉGIA DE SOLUÇÃO

A estratégia de solução deve ser adequada a um problema de natureza combinatória e, ao mesmo tempo, muito restrito em função das restrições acima descritas. Inicialmente, foi considerado o desenvolvimento de uma estratégia baseada em metaheurísticas consagradas, como Algoritmo Genético e Busca Tabu. O que se percebeu já no início da concepção dessas soluções é que esses algoritmos não seriam eficientes, uma vez que requereriam um esforço computacional elevado para encontrar soluções viáveis, dado o grande número de restrições existentes.

O estágio atual de desenvolvimento desta pesquisa apresenta a concepção de uma estratégia de solução baseada em uma heurística rápida que permite a determinação de uma boa solução. A heurística consiste, primeiramente, em classificar os pedidos e os caminhos conforme a facilidade de alocação e a utilidade para alocação, respectivamente. Em seguida, busca-se agrupar pedidos próximos, iniciando pelos de mais difícil alocação.

O algoritmo não analisa o impacto de cada alocação nas iterações seguintes, por isso ele pode ser classificado como míope, ou guloso (*greedy algorithm*). O direcionamento da solução adequada fica por conta da classificação prévia que direciona a ordem de alocação dos pedidos.

Como esse tipo de algoritmo é muito rápido, o próximo passo proposto para a pesquisa é a verificação da possibilidade de utilização de uma estratégia GRASP (*greedy randomized adaptive search procedure*). Essa metodologia pode ser vista inicialmente na proposta de Feo e Resende (1989). Um exemplo de sua utilização encontra-se no trabalho de Delorme, Gandibleux e Rodriguez (2004), em um problema do tipo *Set Packing*.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada para solução do problema tem se mostrado adequada. A publicação do trabalho de Avella, Boccia e Sforza (2004) é o único que foi encontrado até o momento com características semelhantes e que propõe uma heurística para sua solução. Os autores deste artigo pretendem também traçar um paralelo entre a forma de solução e os resultados obtidos entre esses trabalhos.

Os problemas de dificuldade combinatória estão na pauta de diversas pesquisas e os autores esperam poder contribuir com uma proposta de solução para um problema específico dessa natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avella, P., Boccia, M. E Sforza, A. (2004). Solving a Fuel Delivery Problem by Heuristic and Exact Approaches. *European Journal of Operational Research*, vol. 152, pp. 170-179.
- Bechara, J. J. B. E Galvão, R. D. (1984). O Uso de Sistemas Computacionais Interativos na Solução de Problemas de Roteamento de Veículos. *Anais do XVII Simpósio da SOBRAPO*, pp. 279-293, Rio de Janeiro.
- Dantzig, G. B. E Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, vol. 6, pp. 80-91.
- Feriancic, E. R. E Perussi, R. (2004). *Apresentação de distribuidora de combustíveis*. Paulínia, 10 Abr.2003. /depoimento verbal/
- Feo, T.A. E Resende, M.G. (1989). A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem, *Operations Research Letters* 8, pp. 67-71.

Endereço dos Autores:

Cláudio Barbieri da Cunha
Departamento de Engenharia de Transportes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Email: cbcunha@usp.br

Gabriel Feriancic
Departamento de Engenharia de Transportes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Email: gabriel@ettl.com.br