

ROTEIRIZAÇÃO DINÂMICA DE VEÍCULOS EM CENTROS URBANOS: UM ESTUDO SOBRE O USO DE BICICLETAS PARA O SERVIÇO DE *DELIVERY*

Ricardo Luiz de Souza Vieira

Patrícia Alcântara Cardoso

Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharia Civil

RESUMO

O serviço de *delivery* é muito comum nas cidades devido à conveniência, pois às pessoas não precisam se deslocar de suas residências para receber as mercadorias compradas. As entregas são feitas em grande parte utilizando-se veículos motorizados, principalmente motocicletas. Entretanto, o uso destes veículos traz impactos negativos para a população e para o meio ambiente, como emissão de gases de efeito estufa, poluição sonora e acidentes de trânsito. A proposta deste trabalho é avaliar a eficácia do uso de bicicletas para este tipo de serviço, de forma a mitigar estes impactos negativos. O modelo de operação a ser estudado é formado por três agentes: o fornecedor do produto, o cliente e o transportador. Este coleta os pedidos no fornecedor e entrega aos clientes. O objetivo do trabalho é avaliar quão eficiente é o uso de bicicleta para o serviço de *delivery* em centros urbanos considerando restrições específicas das bicicletas.

1. INTRODUÇÃO

O serviço de entrega em domicílio, também conhecido como *delivery*, é utilizado por vários segmentos de mercado, como: floriculturas, farmácias, vestuário e principalmente alimentos. A associação entre a facilidade e segurança por não precisar sair de casa para comprar e o trânsito nas cidades sem dúvida é um dos impulsionadores para este modelo de entrega. Outro fator que favorece a utilização do *delivery* é o desenvolvimento de aplicativos para *smartphones*, como *GetNinjas*, *Shipp*, *ifood* e *Singu*.

Grande parte do serviço de *delivery* é realizado através de motocicletas, causando impactos negativos, como: poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa, poluição sonora e acidentes de trânsito. O uso de bicicletas em substituição às motos pode mitigar estes impactos. Porém fica a pergunta: quão eficiente é o uso de bicicleta para o serviço de *delivery* em centros urbanos? Considerando a eficiência neste serviço, na visão do cliente final, como sendo o atendimento do pedido em até um determinado limite de tempo, a roteirização das entregas pode ser considerada um fator de grande importância para garantir esta eficiência.

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade do uso de bicicletas para o serviço de *delivery* em centros urbanos considerando fatores dinâmicos e restrições específicas ao uso das mesmas para esta finalidade. Na literatura científica este problema é conhecido como *Pickup and Delivery Problem (PDP)*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O problema de roteirização de veículos (*VRP – vehicle routing problem*) é um tema que possui um amplo campo de aplicação e atrai o interesse de muitos pesquisadores. De acordo com Pillac *et al.* (2013), o VRP consiste em encontrar um conjunto de rotas para k veículos idênticos baseados no depósito de origem de forma que cada cliente seja atendido uma única vez minimizando o custo total da rota.

O problema de roteirização dinâmica de veículos (DVRP) é uma variante do VRP em que as informações necessárias para definir as rotas não são completamente conhecidas a priori. Psaraftis *et al.* (2016) destacam que este dinamismo pode surgir a partir dos fatores: pedidos

(inclusão, cancelamento ou alteração), tempo de viagem (trânsito, impedimento de vias) e disponibilidade do veículo.

Hanshar e Ombuki-Berman (2007) apresentaram uma solução para o DVRP através de algoritmos genéticos. Eles apresentaram um esquema de representação do cromossomo e um operador de crossover que se mostraram muito efetivos para este tipo de problema.

2.1. Problemas de coleta e entrega (PDP – *Pick-up and delivery problem*)

Ropke *et al.* (2007) explicam que o PDP consiste em roteirizar veículos capacitados para satisfazer a um conjunto de requisições de transporte entre origens e destinos, sendo que cada rota deve iniciar e finalizar em um depósito comum e atender às restrições de precedência, em que a origem de cada pedido deve preceder o seu destino e ambas as localidades devem ser visitadas pelo mesmo veículo. Uma extensão do PDP é o PDPTW (*pick-up and delivery problem with time windows*) em que são inclusas restrições de horário para coleta, entrega ou ambos, que é o modelo tratado neste trabalho. Na literatura o PDP para transporte de passageiros é chamado de DARP (*Dial-a-ride Problem*). Por serem uma generalização do VRP, são problemas do tipo *NP-hard*, em que, segundo Belfiore (2006), é inviável a obtenção de uma solução ótima o que justifica a utilização de heurísticas e meta-heurísticas para a solução dos problemas.

2.2. Modelos para solução do PDP dinâmico

O problema de roteirização dinâmica pode ser visto como uma série de problemas estáticos, ou seja, no momento em que for necessário fazer um replanejamento das rotas em função da chegada de uma nova requisição ou uma nova condição de tráfego, faz-se uma roteirização estática a partir do novo cenário. Hong (2012) explica que a questão essencial neste caso é saber se o algoritmo utilizado para a solução dará uma resposta rápida e efetiva para o problema estático.

Alguns autores consideram em seus modelos as previsões de futuras demandas de serviço, de forma que os mesmos sejam mais proativos, antecipando futuros serviços e possibilitando o reposicionamento de veículos ociosos. Por outro lado, Hong (2012) argumenta que é melhor utilizar apenas informações conhecidas, pois na prática existem muitas dificuldades para implementar o modelo de previsão, como: o processo de chegada pode não atender ao processo estocástico utilizado no modelo, a quantidade de informações necessárias para a previsão deve ser muito grande e alguns parâmetros só são realmente conhecidos no momento da chegada da solicitação, como: localização, janela de tempo e demanda.

Em se tratando de problemas de roteirização dinâmica, o fator “tempo” para a tomada de decisão é muito importante, uma vez que as solicitações que chegam ao longo do dia precisam ser avaliadas rapidamente para saber se poderão ou não ser atendidas ou quando poderão ser atendidas.

2.3. Algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos (AG) são algumas das meta-heurísticas utilizadas em modelos de roteirização dinâmica. De Pinho *et al.* (2013) explicam que foram inspirados no mecanismo da evolução das espécies com base nos trabalhos de Darwin e Mendel. Ribeiro e Lorena (2005) acrescentam que eles empregam um processo adaptativo e paralelo de busca de soluções em problemas complexos, por isso são muito úteis em problemas de otimização.

De Pinho *et al.* (2013) fazem um resumo dos principais componentes dos AG:

- Representação genética – é a representação do problema em uma forma que possa ser compreendida por computadores;
- Geração da população inicial de possíveis soluções;
- Função de avaliação da população – é obtida através da função a ser otimizada;
- Métodos de seleção – são utilizados para direcionar o processo de seleção para melhores soluções no espaço de busca;
- Operadores genéticos – os mais comuns são cruzamento e mutação;
- Critérios de parada – delimitam o número de buscas;
- Parâmetros de configuração – os principais são o tamanho da população, número de gerações, taxa de cruzamento e taxa de mutação.

Pankratz (2005) explica que o uso de AG para a solução desta classe de problemas (PDPTW) é interessante devido à sua abordagem que é baseada em toda a população, o que permite explorar diferentes caminhos no espaço de soluções, além de ser considerado robusto e de fácil implementação.

3. MÉTODO

O trabalho de pesquisa é de natureza exploratória, buscando maior familiaridade com o tema em questão, aplicada e experimental, estudando relações de causa e efeito entre variáveis.

A avaliação da viabilidade do uso de bicicleta para o serviço de delivery será feita com base em duas variáveis principais: a velocidade média de deslocamento e a distância máxima percorrida na rota, uma vez que, de acordo com Leonardi *et al.* (2012), o uso de bicicletas para o transporte de carga em centros urbanos só é viável para entregas em pequenas distâncias.

A proposta é criar cenários para avaliar o tempo médio de espera dos clientes da rota, que deve ter um limite máximo. As variáveis serão:

- Velocidade média;
- Limite de distância máxima percorrida na rota;
- Tempo de espera máximo admitido pelos clientes;
- Número de solicitações de coleta e entrega;
- Características das solicitações (peso da encomenda, janela de tempo e localização da coleta e da entrega);
- Horizonte de planejamento.

Outras considerações:

- Os dados das solicitações serão gerados aleatoriamente;
- Distâncias euclidianas entre os pontos de atendimento;
- Uma garagem, na qual as bicicletas devem iniciar e terminar o seu turno de trabalho.

Limitações:

- Não serão consideradas as dimensões das encomendas, porém, subentende-se que para o transporte com bicicletas é necessário que as dimensões sejam pequenas, como no caso de *delivery* de pizzas, hambúrgueres e remédios.
- Não serão consideradas as características de relevo da região e nem condições climáticas.

- Não serão consideradas previsões de futuras demandas de serviço.

O método de solução será através da meta-heurística algoritmo genético, tendo como referência o método apresentado por Pankratz (2005), que possui as seguintes características:

- A população inicial é gerada através de uma heurística de inserção.
- O tamanho da população é um parâmetro do modelo e as alterações na mesma são realizadas substituindo-se os dois piores indivíduos pelos dois filhos gerados a cada nova geração.
- A busca por indivíduos duplicados é feita apenas através da comparação dos valores da função-objetivo, fazendo com que este procedimento seja mais rápido do que a busca por diferenças em genótipos ou fenótipos.
- As probabilidades de cruzamento e mutação são parâmetros do modelo e garantem as mudanças nos filhos gerados.
- O critério de término também é um parâmetro do modelo, que tem como limite uma determinada quantidade de gerações sem melhorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belfiore, P. P. e Yoshizaki, H. T. Y. (2006). Scatter search para problemas de roteirização de veículos com frota heterogênea, janelas de tempo e entregas fracionadas. *Production*, 16(3), 455-469.
- de Pinho, A. F.; Montevechi, J. A. B.; Marins, F. A. S. e de Carvalho Miranda, R. (2013). Algoritmos genéticos: Fundamentos e aplicações.
- Hanshar, F. T. e Ombuki-Berman, B. M. (2007). Dynamic vehicle routing using genetic algorithms. *Applied Intelligence*, 27(1), 89-99.
- Hong, L. (2012). An improved LNS algorithm for real-time vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 39(2), 151-163.
- Leonardi, J.; Browne, M. e Allen, J. (2012). Before-after assessment of a logistics trial with clean urban freight vehicles: A case study in London. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 146-157.
- Pankratz, G. (2005). A grouping genetic algorithm for the pickup and delivery problem with time windows. *Or Spectrum*, 27(1), 21-41.
- Pillac, V.; Gendreau, M.; Guéret, C. e Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1-11.
- Psaraftis, H. N.; Wen, M. e Kontovas, C. A. (2016). Dynamic vehicle routing problems: Three decades and counting. *Networks*, 67(1), 3-31.
- Ribeiro, G. M. e Lorena, L. A. N. (2005). Roteamento de veículos dinâmico usando algoritmos genéticos. In *Anais do XVI ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*.
- Ropke, S.; Cordeau, J. F. e Laporte, G. (2007). Models and branch-and-cut algorithms for pickup and delivery problems with time windows. *Networks*, 49(4), 258-272.