



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



O PROBLEMA DO ROTEAMENTO DE VEÍCULOS CAPACITADOS EM UMA EMPRESA DE TURISMO DE PORTE MÉDIO

THIAGO HACK CROMPTON – thi.crompton@gmail.com
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR

LEVI LOPES TEIXEIRA – levilopes@utfpr.edu.br
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR

ÁREA: 3. PESQUISA OPERACIONAL
SUBÁREA: 3.2 – PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

RESUMO: O PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS ENVOLVE A DETERMINAÇÃO DE ROTAS PARA A REALIZAÇÃO DE SERVIÇOS, VISANDO À MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS. ESTE ESTUDO TEVE COMO OBJETIVO PRINCIPAL DESENVOLVER UMA PLANILHA ELETRÔNICA DE FÁCIL UTILIZAÇÃO PARA RESOLVER O PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS CAPACITADOS EM UMA EMPRESA DE TURISMO LOCALIZADA NA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU - PR. PARA ISSO, FOI CRIADA UMA PLANILHA NO EXCEL, INTEGRANDO FUNÇÕES, MACROS E A LINGUAGEM VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS), JUNTAMENTE COM O PLUGIN OPENSOLVER. AS DISTÂNCIAS FORAM CALCULADAS UTILIZANDO UMA API DO GOOGLE, ENQUANTO A DELIMITAÇÃO DOS CLUSTERS FOI BASEADA NO MODELO MATEMÁTICO DAS P-MEDIANAS. PARA A ALOCAÇÃO, FOI DESENVOLVIDO UM MODELO MATEMÁTICO QUE ATRIBUIU CADA PONTO A UMA MEDIANA, LEVANDO EM CONTA SUAS DEMANDAS E CAPACIDADES. A PLANILHA FOI PROJETADA PARA SUPOORTAR ATÉ 70 PONTOS E 15 MEDIANAS. POR FIM, A EFICÁCIA DA PLANILHA FOI AVALIADA COM DADOS DE ESTUDOS CONDUZIDOS POR DOIS AUTORES DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, ALÉM DE SUA APLICAÇÃO NA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS CAPACITADOS EM EMPRESA DE TURISMO. A PLANILHA DESENVOLVIDA PROPORCIONA SOLUÇÕES OTIMIZADAS PARA O ROTEAMENTO DE VEÍCULOS CAPACITADOS, GARANTINDO UMA EXPERIÊNCIA DE USO SIMPLES E INTUITIVA PARA O USUÁRIO.

PALAVRAS-CHAVES: CLUSTERS; P-MEDIANA; ROTEAMENTO DE VEÍCULOS.

1. INTRODUÇÃO

Até um passado recente, a valorização dos produtos por meio da otimização do processo de distribuição não era amplamente reconhecida como uma prioridade. Somente nos últimos tempos as organizações empresariais passaram a perceber o impacto que a gestão logística pode exercer no desenvolvimento de vantagens competitivas no mercado (CHRISTOPHER, 2018).

Segundo Bodin et al. (1983) o objetivo primordial da logística é garantir a distribuição de suprimentos e/ou serviços dos pontos de origem aos pontos de destino. Já para *Council Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2013), logística compreende o sistema coordenado de atividades que engloba a movimentação física e o armazenamento de mercadorias, desde os fornecedores até os clientes, com atividades adicionais, como embalagem e processamento de pedidos. Essa abordagem visa à eficiência para apoiar os objetivos da organização e desempenha um papel crítico no funcionamento do sistema de roteamento.

Um sistema de roteamento é definido como um conjunto organizado de meios visando atender demandas localizadas em arcos ou vértices de uma rede de transporte. Esse sistema pode ser decomposto, do ponto de vista operacional, em três partes: estratégica, tática e logística (GOLDBARG; LUNA, 2005).

O Problema de Roteamento de Veículos (PRV) é caracterizado como a tarefa de planejar rotas otimizadas para entregar ou coletar itens de um, ou mais depósitos em várias cidades, ou clientes, levando em consideração restrições específicas. Desempenhando um papel central nas áreas de distribuição física e logística (LAPORTE, 1992).

Uma derivação do Problema de Roteamento de Veículos (PRV) é o Problema do Roteamento de Veículos Capacitados (PRVC), que além das restrições do PRV, envolve a especificação do número de veículos em um depósito único, cada um com capacidades diferentes e limitadas, juntamente com um conjunto de clientes em locais diversos, cada um com sua respectiva demanda (OTA; MIYAZAWA, 2019).

Existem diversas abordagens para solucionar o PRVC, que podem ser categorizadas em dois grupos principais. O primeiro grupo inclui métodos exatos, como a Programação Linear Inteira (PLI). A PLI é capaz de fornecer a solução ótima, mas é mais adequada para problemas de pequeno e médio porte, devido à sua alta complexidade computacional para problemas

maiores. O segundo grupo engloba métodos heurísticos, que são preferíveis quando o problema envolve muitos pontos. Um exemplo notável é o algoritmo de Clarke e Wright, que insere clientes em rotas de maneira iterativa, sempre buscando aprimorar a solução.

Este estudo visou criar uma planilha que facilitasse a resolução do problema de roteamento de veículos capacitados em uma empresa de turismo de porte médio. Foi desenvolvida uma planilha eletrônica, abordando o modelo matemático das p-Medianas para a formação dos clusters, já para a alocação dos pontos nos clusters, elaborou-se um modelo matemático, levando em consideração as demandas dos pontos e as capacidades de cada veículo. Além disso, para otimizar as distâncias percorridas, foi abordado o problema do Caixeiro Viajante no processo de roteamento.

Para a avaliação da planilha, foram empregados dados provenientes das dissertações de Scaburi (2020) e Rodrigues (2007). Além dos dados coletados junto a uma agência de turismo que oferece serviços de traslado para pontos turísticos. Por meio de testes realizados na planilha, foi definido em 70 pontos e 15 medianas a limitação da planilha, sendo esta configuração suficiente para os roteamentos na empresa de turismo.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Esta seção traz informações sobre os dados que foram submetidos ao processo de roteirização. Além disso, apresenta os modelos matemáticos aplicados aos problemas de agrupamento, alocação e caixeiro viajante.

2.1 Dados

A planilha eletrônica desenvolvida para a resolução do problema do roteamento de veículos foi avaliada a partir de 3 fontes de dados, a saber: uma agência de turismo e os trabalhos publicados por Scaburi (2020) e Rodrigues (2007).

A agência de turismo está situada na região trinacional, que abrange o Brasil, o Paraguai e a Argentina, e é amplamente reconhecida por sua vasta experiência no mercado. Esta empresa desempenha um papel fundamental no transporte de viajantes para destinos turísticos, contando com uma variada frota de vans e ônibus, cada um com capacidades distintas.

Scaburi (2020) realizou estudo que se concentrou no roteamento de veículos para atender a 35 macro pontos de demanda, abrangendo a distribuição de 479 jornais, considerando a capacidade máxima de 100 jornais por veículo.

Rodrigues (2007) analisou o roteamento de veículos para atender às necessidades da Usina de Itaipu, envolvendo um contingente de 860 funcionários que utilizam o transporte

oferecido pela empresa. A frota disponível inclui 19 ônibus com 46 assentos cada e 2 micro-ônibus com 26 assentos.

Os pontos que estavam em coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), foram convertidos para coordenadas geográficas e na sequência obteve-se os endereços completos a fim de se calcular as distâncias reais entre os pontos. O software QGIS (versão 3.34.3) foi empregado para realizar a conversão de coordenadas UTM para geográfica. Essa funcionalidade facilitou a análise geoespacial, permitindo uma representação mais compreensível dos dados em um sistema de coordenadas geográficas, e possibilitou buscar os endereços completos com essas informações por meio do *Google Maps*. A agência de turismo, forneceu um documento com o nome dos hotéis e os endereços, das residências.

O cálculo das distâncias entre os pontos foi realizado por meio de um API (*Application Programming Interface*) do Google chamado *API Distance Matrix*. Que é um serviço que responde a solicitações HTTPS (*Hyper Text Transfer Protocol Secure*) contendo origens e destinos designados para um meio de transporte específico, fornecendo detalhes sobre a distância e a duração do percurso para cada combinação de origem e destino (GOOGLE, 2023).

2.2 Agrupamentos

As medianas são pontos médios entre vários pontos dispersos, é importante encontrá-las para poder definir os grupos de pontos que estão próximos uns dos outros, minimizando a distância total percorrida.

Para achar os *clusters* utilizou-se o modelo matemático das p-Medianas somente para encontrar os pontos médios, sem fazer ainda a alocação. Com esse modelo é possível encontrar os *clusters* capacitados, porém, como ele foi pensado para instalações físicas, nesse trabalho será usado somente para achar os pontos médios. A seguir a formulação do modelo utilizado na definição das p-Medianas.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$x_{ij} - y_i \leq 0, \quad \forall i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = p \quad (4)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\} \quad (5)$$

$$y_{ij} = \{0, 1\} \quad (6)$$

A função objetiva (1) garante minimizar a menor distância percorrida. A restrição (2) afirma que todos os pontos sejam atendidos, a (3) garante que os pontos sejam alocados para as p-Mediana escolhidas. A restrição (4) afirma que sejam escolhidos “p” veículos e as restrições (5) e (6) garantem que as variáveis sejam binárias. Apesar das equações fazerem a alocação dos pontos, nessa etapa foram utilizados somente os pontos médios.

Modelos de programação matemática podem ser otimizados por meio do *Solver* do Excel. Porém como o *Solver* original do Excel é limitado a 200 células variáveis e 100 restrições, foi utilizado o *plugin* *OpenSolver* 2.9.3 (<https://opensolver.org/installing-opensolver/>), que é reconhecido como um suplemento VBA do Excel que expande as funcionalidades do *Solver* integrado do Excel, fornecendo solucionadores mais robustos. *OpenSolver* permite que usuários de planilhas resolvam seus modelos de programação linear/inteira usando o solucionador COIN-OR CBC. O *OpenSolver* não tem as limitações de tamanho encontradas no *Solver-Excel* e além disso o tempo de resolução daquele costuma ser mais rápido que este (MASON, 2012).

2.3 Alocações

Encontrado quais são os pontos médios, o próximo passo foi fazer a alocação dos pontos nos *clusters*. Para tanto, consideram-se os pontos mais próximos de cada ponto médio, a capacidade de cada veículo e a demanda de cada ponto. Nesse sentido, se porventura um ponto seja próximo a um ponto médio, mas sua demanda exceda a capacidade do veículo, então será alocado para outro *cluster*.

A heurística de Gillet e Jonhson poderia ser usado para esse caso, porém optou-se por um modelo de programação linear binária formado pelas equações descritas a seguir:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad (7)$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \text{dem}_i \leq \text{cap}_i, \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\} \quad (10)$$

A função objetivo (7) afirma que a distância total percorrida seja minimizada. A restrição (8) garante que todo ponto seja alocado em um único cluster, a restrição (9) afirma que a demanda dos pontos alocados em uma mediana seja menor ou igual a capacidade do veículo. E a restrição (10) garante que a matriz de variáveis seja binária. Do mesmo modo que foi feito para os *clusters*, para a alocação será utilizado o *OpenSolver* para resolução do modelo.

2.4 Roteamento

Definido os *clusters* e tendo sido feita a alocação dos pontos em cada um deles, é necessário fazer o roteamento a fim de minimizar o total de distância percorrido em cada *cluster*. A formulação seminal para a resolução do problema do caixeiro viajante foi apresentada Dantzig, Fulkerson e Johnson (1954) e ao longo dos anos surgiram outras contribuições. Entre as diversas abordagens existentes, neste trabalho foi utilizada a seguinte formulação.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad d_{ij} = \infty \quad \forall (i = j) \quad (11)$$

S.a.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ij} - \sum_{i=1}^n y_{ij} = 1, \quad \forall j \neq 1 \quad (14)$$

$$y_{ij} \leq (n - 1)x_{ij}, \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (16)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad (17)$$

A função objetivo (11) afirma que as distâncias percorridas sejam minimizadas. As restrições (12) e (13) restringem a rota ser passada por todos os pontos sem repeti-los. As restrições (14) e (15) eliminam a possibilidade de formação de sub-rotas, a (16) mantém as variáveis x_{ij} binárias e a (17) mantém as variáveis y_{ij} como número inteiro, já que o *Solver* assume que são não negativas.

2.5 Planilha eletrônica

Inicialmente foram desenvolvidos os procedimentos para os cálculos matemáticos da p-Mediana, alocação e do problema do Caixeiro Viajante, todos por meio de programação no VBA, macros e o *plugin OpenSolver*. Posteriormente foi desenvolvida a interface com caixas de diálogo para o cadastro de clientes e veículos. Além disso, foi padronizada a forma de se mostrar o resultado do roteamento, o método utilizado foi gerar um PDF (*Portable Document Format*) contendo endereços, demandas, capacidade do veículo e sequenciamento das visitas.

Para descobrir quais são as limitações da planilha, foram executados testes inserindo 20, 40, 50, 60, 70 e 80 pontos, para 5, 10 e 15 medianas, anotando-se o tempo para a resolução dos problemas: p-Medianas, Alocação e Roteamento. Para os experimentos foi utilizado um notebook com processador Intel(R) Core (TM) i7-5500U CPU 2.40GHz, 8 GB de RAM e 64 bits.

Análises nos resultados dos experimentos mostraram que o tempo para resolução do problema das p-Medianas (5 medianas) indicava que, limitar o uso da planilha em 70 pontos seria uma escolha prudente, pois aumentando o número de pontos de 70 para 80, o tempo aumentava em 21 vezes, passando de 25,67 para 546,98 segundos.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Esta seção traz 2 comparativos envolvendo os resultados obtidos pelo método proposto neste trabalho e os relatados nas dissertações de Scaburi (2020) e Rodrigues (2007). Tendo a validação dos procedimentos implementados na planilha, seguiu-se para a resolução do problema de roteamento de veículos capacitados apresentado pela empresa de turismo, sendo seus resultados relatados nesta seção.

3.1 Comparativos

O primeiro comparativo foi realizado com o trabalho de Scaburi (2020). Para fazer a comparação, foi analisado o resultado obtido pela abordagem 1 do trabalho de Scaburi (2020), que é a do agrupamento exato com o roteamento exato. Scaburi (2020) definiu rotas que totalizam um deslocamento de 30,49 km. Utilizando os mesmos dados na planilha eletrônica desenvolvida no presente trabalho obteve-se deslocamento total igual a 30,04 km. O resultado obtido pela planilha ficou ligeiramente melhor do que o obtido por Scaburi (2020), embora em ambos os casos foram utilizados métodos exatos.

O segundo comparativo foi com o trabalho de Rodrigues (2007). Sabendo da limitação da planilha eletrônica apresentada na seção 2.5, não foi possível fazer os testes com todos os

dados no trabalho do autor. Foram utilizados de Rodrigues (2007), os dados da Primeira Região Vila C, Segunda Região Vila B e Quarta Região Centro. A única região que não foi possível realizar os testes foi a Terceira Região Vila A, por conta de conter 167 pontos, excedendo o limite da planilha eletrônica. A Tabela 1 traz os resultados obtidos por Rodrigues (2007) e o presente trabalho.

TABELA 1 – Deslocamentos (em km) nas regiões: Vila C, Vila B e Centro.

Região	Total deslocamento (em km) obtido pelo:	
	Rodrigues (2007)	Presente trabalho
Vila C	9,16	8,66
Vila B	22,52	23,52
Centro	104,90	90,03

Fonte: Autoria própria (2024).

Observa-se na Tabela 1 que os resultados obtidos pela planilha e Rodrigues (2007) são diferentes, sendo que o resultado da planilha foi melhor para as regiões Vila C e Centro. Isso deve-se ao fato da utilização de modelos exatos, no caso da planilha, diferente de Rodrigues (2007) que aplicou uma metaheurística (colônia de formigas). O mesmo não ocorreu na Vila B, onde o resultado oriundo da planilha (métodos exatos) apresenta um deslocamento maior (inferior a 5%) ao obtido por meio da metaheurística. A possível explicação para esse caso é que o *plugin OpenSolver* tem uma tolerância de até 5% para os cálculos e a metaheurística pode ter apresentado um resultado ótimo.

3.2 Agência de turismo

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a agência de turismo localizada em Foz do Iguaçu – PR. A empresa definiu algumas regiões nas quais estão localizados os hotéis onde ocorre o embarque de turistas nas vans da empresa. Para os pontos que representam residências, a empresa faz a adição manual desses pontos em rotas predeterminadas para os hotéis. Mas, por contarem com profissionais experientes e com alto conhecimento na cidade, não tinham tanta dificuldade na alocação desses pontos.

Para este trabalho foram analisados três serviços de *Transfer* (serviço de transporte) da empresa. A Tabela 2 traz a totalização dos deslocamentos nas rotas praticadas pela empresa e os resultados obtidos por meio da planilha desenvolvida neste trabalho. Observando que para os *Transfers* 1, 2 e 3 foram necessários 3, 9 e 3 *clusters*, respectivamente.

TABELA 2 – Deslocamento (em km) para os *Transfers* 1, 2 e 3

Transfer	Total deslocamento (em km) provenientes da:	
	Empresa	Planilha
1	43,53	43,28
2	80,98	68,82
3	65,26	51,42

Fonte: Autoria própria (2024).

Como é possível observar na Tabela 2, o resultado obtido pela agência é quase igual ao resultado da planilha, sendo próximo do valor ótimo. Para o roteamento do *Transfer* 2, o resultado da planilha é superior ao obtido pela agência, neste caso, o deslocamento nas rotas praticadas pela empresa é 17% maior ao deslocamento nas rotas obtidas por meio da planilha. Os resultados para o *Transfer* 3, também destacam o melhor desempenho da planilha em relação ao roteamento realizado pela agência de turismo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi abordado o modelo matemático da p-Mediana não capacitada para encontrar os pontos médios, desenvolvido um modelo para alocar os pontos capacitados, definindo os *clusters*, e utilizado o modelo matemático do problema do Caixeiro Viajante para fazer o roteamento de veículos. Todos esses métodos foram utilizados para desenvolver uma planilha eletrônica de fácil aplicação na elaboração de rotas em uma empresa de turismo de porte médio. A planilha foi desenvolvida no Excel com o auxílio de uma API do Google e do *plugin* *OpenSolver*.

Após o desenvolvimento da planilha para roteamento de veículos capacitados, esta foi submetida a uma fase de avaliação e validação, inicialmente limitada a 70 pontos e 15 medianas. Utilizando dados provenientes das dissertações de Scaburi (2020) e Rodrigues (2007), bem como informações obtidas junto a uma agência de turismo especializada em traslado para pontos turísticos. Os resultados foram predominantemente satisfatórios nos comparativos envolvendo trabalhos acadêmicos e agência de turismo.

Ao considerar os dados provenientes da agência de turismo, os resultados dos testes revelaram uma performance consideravelmente superior em dois dos três casos analisados, indicando a capacidade da planilha de proporcionar rotas otimizadas para as necessidades específicas do transporte turístico. Estes resultados fortalecem a validade e a utilidade prática

da ferramenta desenvolvida, destacando sua aplicabilidade em cenários variados de roteamento de veículos capacitados.

Para futuros trabalhos, sugere-se a expansão da capacidade da planilha para lidar com um número maior de pontos e medianas, além da inclusão de mais restrições, como janelas de tempo, custos adicionais e a consideração de múltiplos depósitos.

REFERÊNCIAS

BODIN, L.D. *et al.* Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art. **Computers and Operations Research**, v. 10, p.69-211, 1983.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento a cadeia de suprimentos**. São Paulo: Cengage, 2018. 392 p.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Supply Chain Management Definitions and Glossary of Terms**. Lombard, IL, 2013. Disponível em: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx. Acesso em: 31 out. 2023.

DANTZIG, G. B.; FULKERSON, D. R.; JOHNSON, S. M. Solution of a Large-Scale Traveling- Salesman Problem. **Operations Research**, v. 2, p. 393–410, 1954.

DESENVOLVEDORES do QGIS. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: < https://qgis.org/pt_BR/site/index.html >. Acesso em: 21/02/2024.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GOOGLE. **Distance Matrix API overview**. 2023. Google Developers. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview?hl=pt-br>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

GOOGLE. **Documentação do Google Maps: Matriz de distâncias**. 2023. Google Maps Platform. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/distance-matrix?hl=pt-br#maps_http_distancematrix_bicycling-txt>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisões inteligentes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

LAPORTE, Gilbert. The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms. **European Journal of Operational Research**, [S.L.], v. 59, n. 3, p. 345-358, jun. 1992. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90192-c](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(92)90192-c).

MASON, Andrew J. *OpenSolver* - An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel. In: KLATTE, D.; LUTHI, H. J.; SCHMEDDERS, K. **Operations Research Proceedings 2011**. Berlin: Springer, 2012. p. 401-406. Disponível em https://scholar.google.co.nz/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=fhEJ7uEAAAAJ&citation_for_view=fhEJ7uEAAAAJ:IjCSPb-OG4C.

OTA, Matheus; MIYAZAWA, Flavio. Algoritmo de “Branch-Cut-and-Price” para o problema do roteamento de veículos capacitados. **Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP**, Campinas, 2019. Universidade Estadual de Campinas.

<http://dx.doi.org/10.20396/revpibic2620181040>

RODRIGUES, Samuel B. **A metaheurística colônia de formigas aplicada a um problema de roteamento de veículos**: caso da Itaipu Binacional. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Métodos Numéricos em Engenharia – Área de Concentração em Programação Matemática., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SCABURI, Aline. **Otimização na logística de distribuição de mercadorias por meio do problema de roteamento de veículos**: um estudo de caso para entrega de jornais. 2020. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Produção, na Área de Pesquisa Operacional na Linha de Métodos de Pesquisa Operacional À Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.