



# Academic

INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

## Um *Survey* sobre Otimização Multi-Objetivo para Problemas de Roteamento *Green*

FERREIRA, J. C.<sup>a\*</sup>, STEINER, M. T. A.<sup>a</sup>, CANGIOLIERI JR, O.<sup>a</sup>

*a. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba*

*\*Corresponding author, ferreira.julio@pucpr.edu.br*

### Resumo

Este artigo apresenta uma visão geral dos problemas de otimização multi-objetivo para problemas de roteamento *green* (*Multi-Objective Optimization for Green Vehicle Routing Problem*; MOOGVRP), ou seja, com considerações ambientais. Faz-se uso de uma taxonomia que subdivide o MOOGVRP em: *Green VRP*, *Pollution Routing Problem* (PRP) e *VRP in Reverse Logistics* (VRPRL). O objetivo do presente trabalho é detectar as lacunas na literatura para que possibilite novos avanços relacionados ao MOOGVRP. Para isso, esta pesquisa aborda, sucintamente, o seguinte levantamento: dados bibliométricos; taxonomia; principais variações do VRP utilizadas; funções objetivo propostas; quantidade de objetivos; procedimentos de solução; principais *softwares* e linguagens para a implementação; trabalhos mais citados da amostra e as suas abordagens.

*Palavras-chave: Survey; Problemas de Roteamento Green; Pollution Routing Problem; Vehicle Routing Problem in Reverse Logistic; Otimização Multi-objetivo.*

### 1. Introdução

O Problema de Roteamento de Veículos (*Vehicle Routing Problem* – VRP), proposto por Dantzig e Ramser (1959), tem grande importância para uma eficaz distribuição logística (Validi et al., 2015; Poonthaler e Nadarajan, 2018). O *Green VRP* direciona as atividades de roteamento para uma ótica com considerações ambientais (Sawik et al., 2017a; Toro et al., 2017a e Soleimani et al., 2018). Neste contexto, uma abordagem multi-objetivo auxilia neste processo de tomada de decisão complexa de forma a atender os objetivos a serem alcançados (Ramos et al., 2014; Steiner et al., 2015; Steiner Neto et al., 2017).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma pesquisa sobre a otimização multi-objetivo para problemas de roteamento com considerações ambientais, aqui chamado de Problemas de Roteamento de Veículos *Green* Multi-objetivos (*Multi-objective Optimization for Green Vehicle Routing Problem* – MOOGVRP). Assim, se pretende detectar as lacunas na literatura para o desenvolvimento e avanços nesta área do conhecimento.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: após esta seção introdutória, a Seção 2 apresenta o VRP, suas variações e o GVRP. Na Seção 3 está a abordagem multi-objetivo e na Seção 4,

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla – Colombia – June 21<sup>st</sup> and 22<sup>nd</sup> - 2018

os procedimentos metodológicos da pesquisa. Na Seção 5 são apresentados e discutidos os resultados. Por fim, a Seção 6 sintetiza as conclusões da pesquisa.

## 2. Problema de Roteamento de Veículos

As variações mais usuais dos procedimentos para solucionar os Problemas de Roteamento de Veículos (*Vehicle Routing Problem*; VRP), lembrando que essas técnicas ainda possuem muitas outras derivações na literatura são as seguintes: *Capacitated VRP*, *Time-dependent VRP*, *Pickup and Delivery Problem*, *Multi-depot VRP*, *Stochastic VRP*, *Location Routing Problem*, *Periodic VRP*, *Dynamic VRP*, *Inventory Routing Problem*, *Fleet Size and Mix VRP*, *Generalized VRP*, *Multi-compartment VRP*, *Site-dependent VRP*, *Split-delivery VRP*, *Fuzzy VRP*, *Open VRP*, *VRP with Loading Constraints*, *Multi-echelon VRP* e *VRP with Time Windows* (Eksioglu et al., 2009 e Braekers et al., 2016).

Para abordar o VRP *Green* neste artigo, foi utilizada a classificação proposta por Lin et al. (2014) que se resume a: *Green VRP*, *Pollution Routing Problem* e *VRP in Reverse Logistics*. O *Green VRP* trata da otimização do consumo de energia no transporte e também, da redução do consumo de combustível. O *Pollution Routing Problem* (PRP) visa escolher um esquema de roteamento de veículos que produza uma quantidade menor de poluição, em particular, com a redução de emissões de gases do efeito estufa, podendo também incluir objetivos mais amplos que reflitam o custo ambiental. O *VRP in Reverse Logistics* (VRPRL) concentra-se nos aspectos de distribuição da logística reversa. Esta última categoria, VRPRL, pode ser subdividida em quatro sub-categorias: *Selective Pickups with Pricing*, *Waste Collection*, *End-of-life Goods Collection* e *Simultaneous Distribution and Collection*.

O *Selective Pickups with Pricing* é caracterizado por selecionar somente pontos de coleta rentáveis para visitar, fazendo com que esta operação seja a mais lucrativa possível. No caso da *Waste Collection*, ou seja, a gestão de resíduos, incluindo a evasão de resíduos, reutilização e reciclagem, é um processo chave na proteção do meio ambiente e na conservação de recursos. O *End-of-life Goods Collection* trata do recolhimento de alguns componentes de produtos em fim de vida para beneficiar o fabricante original, já que tais componentes reciclados permanecem funcionais após posterior eliminação ou remanufatura. Por fim, o *Simultaneous Distribution and Collection* aborda o VRP com entrega e coleta simultânea (Demir et al., 2014b; Lin et al., 2014 e Soleimani et al., 2018).

## 3. Problemas Multi-objetivo

A *Multi-Objective Optimization* (MOO) trata do processo de otimizar dois ou mais objetivos conflitantes de forma simultânea sujeitos a restrições (Kumar et al., 2016 e Steiner Neto et al., 2017). Ao procurarmos por soluções em problemas MOO, chega-se a um ponto em que, ao tentar melhorar um objetivo, os outros são prejudicados; tem-se neste caso, o que se denomina fronteira de Pareto. Portanto, uma solução será considerada Pareto eficiente (Pareto ótimo ou não dominada) se não puder ser eliminada da consideração por conta de outra solução que melhore um dos objetivos sem piorar os demais. Desta forma, o objetivo de um problema MOO é encontrar soluções não dominadas e quantificar os *trades-off* na satisfação dos diferentes objetivos estabelecidos (Miettinen, 1999; Ehrgott et al., 2012 e Steiner et al., 2015).

Os métodos de MOO podem ser classificados em métodos geradores e métodos baseados em preferências. Os métodos geradores buscam gerar um ou mais pontos ótimos de Pareto e podem levar em consideração o “não uso” por preferências, uma abordagem de escala ou abordagem multi-objetivo. Os métodos baseados em preferência utilizam informações cedidas pelo tomador de decisões (*decision maker*), *a priori* ou de forma iterativa, como parte de seu processo de solução. Os métodos clássicos comumente utilizados para a resolução de problemas MOO podem ser organizados em quatro categorias. A primeira aborda os métodos para não articular a informação de preferência dada como, por exemplo, o *Method of Global Criterion*. Na segunda têm-se os métodos *a priori* como, por exemplo, os *Methods for Cardinal Information Given (Utility Function e Bounded Objective)* e *Methods for Mixed Ordinal and Cardinal Information Given (Lexicographic Method e Goal Programming)*. Na terceira categoria têm-se os métodos para a articulação progressiva, dos quais se destacam os *Methods for Explicit Trade-Off Information Given* (métodos iterativos) e os métodos implícitos. Por fim, têm-se os métodos *a posteriori*, nos quais se enquadram o *Parametric Method*,  *$\epsilon$ -constraint*, MOLP (*Multi-objective Linear Programming*) e *Adaptive Search*.

#### 4. Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizadas buscas em três bases de dados: *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Scienc.* Em todos os casos foi utilizado o seguinte conjunto de palavras-chave com os operadores lógicos: “*green vehicle routing problem*” OR “*pollution routing problem*” OR “*vehicle routing problem in reverse logistics*”, sendo estes obrigatoriamente relacionados com “*multiobjective*” OR “*multi-objective*” OR “*bi-objective*”. Também foram consideradas as possíveis variações de sufixo nos termos utilizados.

Na base *Scopus* foram encontrados 71 artigos. Após restringir os termos de busca ao título, resumo e palavras-chave; tipo de documento como *Journal* e *Conference Proceedings* e idioma inglês, ficou-se com 61 resultados. No caso da *ScienceDirect*, as limitações foram com relação ao tipo de artigo (revisão e pesquisa), idioma inglês e assim obteve-se 69 resultados. Por fim, na base da *Web of Science* foi possível encontrar 53 resultados. A coleta dos artigos foi realizada no final do mês de março de 2018.

Como critérios de aceite foi estabelecido que: (i) o resultado de pesquisa deve apresentar os termos ou estar relacionado a “*green vehicle routing problem*”, “*pollution routing problem*” ou “*vehicle routing problem in reverse logistics*”, sendo todos de caráter multi-objetivo; e (ii) podem ser artigos de revisão, modelagem matemática, melhoria de algoritmo ou estudos de caso relacionados ao tema proposto. Como critérios de exclusão foi estabelecido que: (i) resultados de pesquisa não relacionados ao tema proposto; (ii) não possuir texto completo disponível. Por fim, após excluir os artigos duplicados, a amostra desta pesquisa ficou com 61 artigos.

#### 5. Análise dos Resultados

Foi aqui realizada a análise dos seguintes levantamentos com relação aos 61 artigos filtrados: principais periódicos; quantidade de artigos publicados por ano; tipos de artigos; países; principais variações do VRP utilizado; número de objetivos utilizado; principais objetivos estabelecidos; procedimentos de solução; taxonomia utilizada (*Green VRP*, *PRP* ou *VRPRL*); principais *softwares* e linguagens para a implementação e os trabalhos mais citados da amostra.

Os principais periódicos utilizados na pesquisa foram organizados de acordo com a Tab. 1.

**Tab. 1.** Periódicos com mais artigos publicados.

Periódico	Quantidade
Computers and Industrial Engineering e European Journal of Operational Research.	4
Expert Systems with Applications, International Journal of Production Economics, Journal of Cleaner Production e Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.	3
Applied Soft Computing, Computers & Operations Research, Transportation Research Part B: Methodological, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Transportation Research Part D: Transport and Environment e Transportation Research Procedia.	2

Os 61 artigos puderam ser estratificados como: quatro artigos de revisão da literatura, 13 artigos de conferência e 44 artigos de periódicos, Fig. 1 (a). Ao abordar a nacionalidade dos pesquisadores, pode-se verificar que a maior quantidade dos artigos advém do Iran (14), Fig. 1 (b). Além disso, a *University of Tehran*, no Iran, foi a instituição com mais artigos publicados, em um total de cinco.

As principais variações do VRP apresentadas nos trabalhos analisados, vinculadas ao problema multi-objetivo foram: *Capacited VRP* com 15 trabalhos, *Location Routing Problem* com 13, *VRP with Time Windows* com 12, *Multi-echelon VRP* com oito, *Pickup and Delivery Problem* com seis e *Inventory Routing Problem* com seis também.

O número de artigos publicados tem sido ascendente, conforme a Fig.2 (a). A Fig. 2 (b) apresenta a frequência dos principais objetivos utilizados pelos pesquisadores nos problemas multi-objetivos.

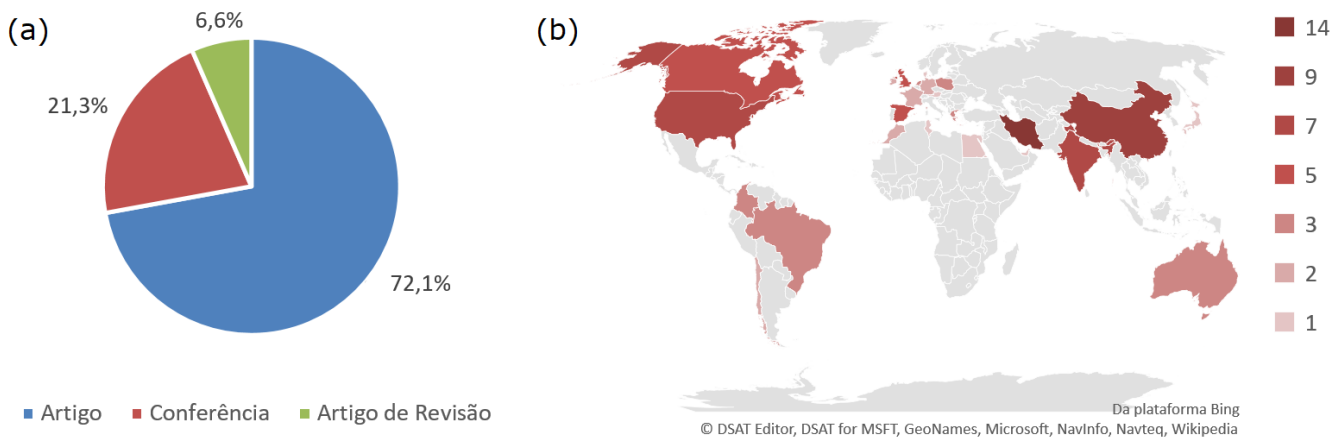


Fig. 1. (a) Tipos de pesquisa e (b) Países que têm contribuído para o MOOGVRP.

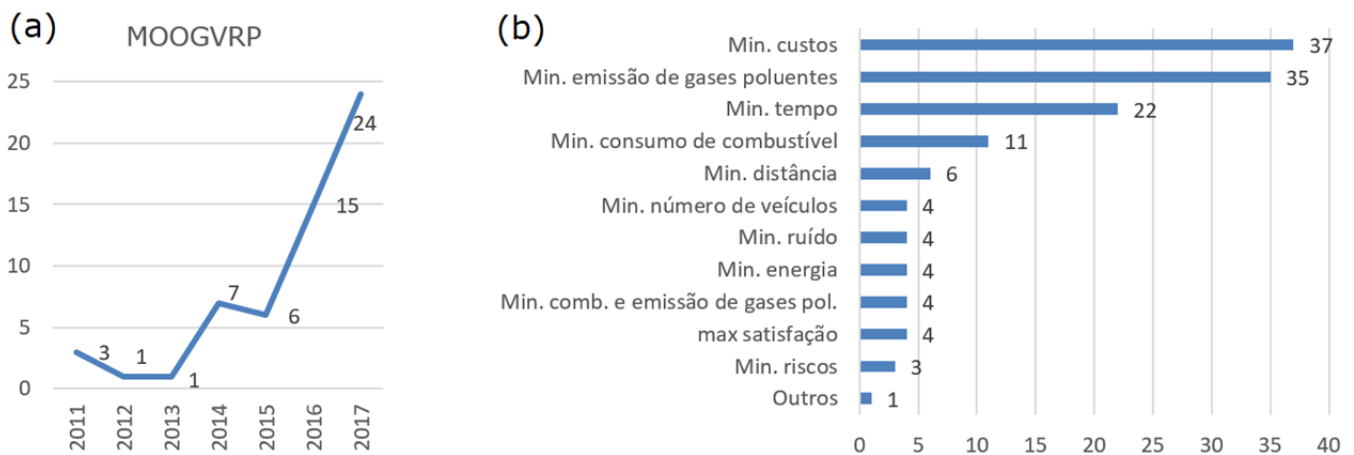


Fig. 2. (a) Quantidade de publicações sobre o MOOGVRP e (b) Frequência no uso dos principais objetivos utilizados.

Na amostra utilizada, desconsiderando os quatro artigos de revisão da literatura, 35 trabalhos eram bi-objetivo e 22 trabalhos, multi-objetivo, isto é, com três ou mais funções objetivo, Fig. 3 (a). Foram encontrados trabalhos com até sete objetivos (Sawik et al., 2017a e Coelho et al., 2017). Como procedimentos de solução a Fig. 3 (b) demonstra o percentual da estratificação utilizada. A Fig. 3 (c) apresenta as relações entre as taxonomias do GVRP apresentada. Assim, pode-se verificar que todas elas estão relacionadas. Foi observado que alguns autores desconsideraram a taxonomia ou acabam “confundindo” o objetivo do GVRP com o PRP, onde o primeiro tem o objetivo de reduzir o consumo de energia (bateria) ou combustível e o segundo busca a minimização da emissão de gases poluentes.

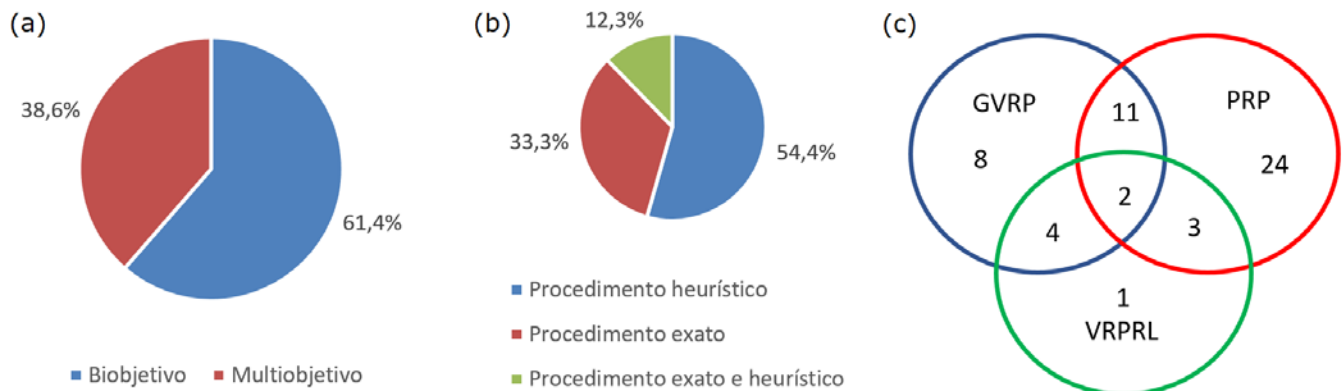
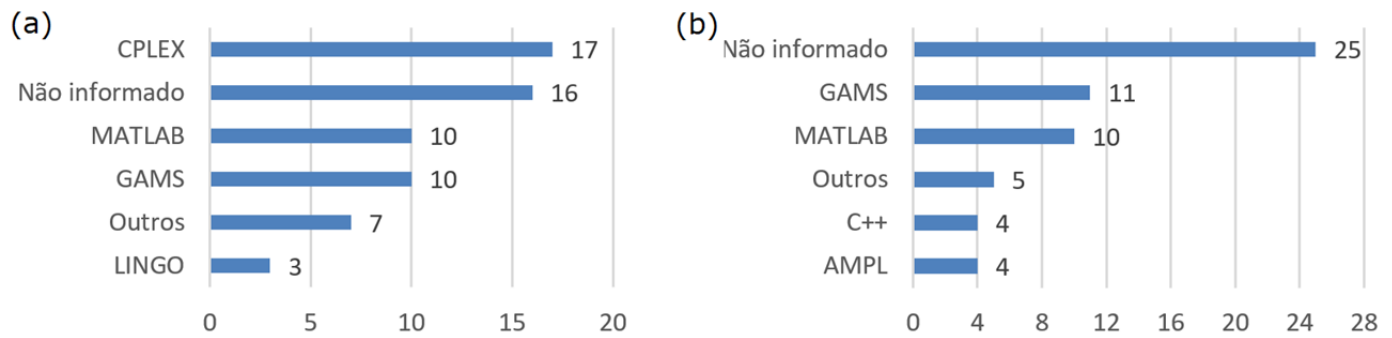


Fig. 3. (a) Abordagem bi-objetivo x multi-objetivo, (b) Procedimentos de solução e (c) Relação da amostra da pesquisa sobre as taxonomias do GVRP.

De acordo com a Fig. 4 (a), os principais *softwares* utilizados foram o CPLEX, GAMS e MatLab. As principais linguagens de programação foram as dos próprios *softwares* GAMS e MatLab, Fig. 4 (b).



**Fig. 4.** (a) *Softwares* e (b) Linguagens de implementação computacional mais utilizadas.

Os artigos mais citados são apresentados na Tab. 2, onde pode-se observar os autores, títulos, periódicos, anos da publicação e número de citações na base da *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Scienc*, respectivamente.

**Tab. 2.** Artigos mais citados.

Autor	Título	Periódico	Ano	Nº citações
Dekker et al. (2012)	Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges	European Journal of Operational Research	2012	266/218/266
Lin et al. (2014)	Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends	Expert Systems with Applications	2014	185/135/185
Demir et al. (2014a)	A review of recent research on green road freight transportation	European Journal of Operational Research	2014	161/126/161
Demir et al. (2014b)	The bi-objective Pollution-Routing Problem	European Journal of Operational Research	2014	96/72/96
Validi et al. (2014)	A case analysis of a sustainable food supply chain distribution system – A multi-objective approach	International Journal of Production Economics	2014	61/42/61
Ramos et al. (2014)	Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns	Omega (United Kingdom)	2014	48/40/48
Validi et al. (2015)	A solution method for a two-layer sustainable supply chain distribution model	Computers & Operations Research	2015	30/26/30
Long et al. (2014)	A bi-objective turning restriction design problem in urban road networks	European Journal of Operational Research	2014	18/16/18
Asl-Najafi et al. (2015)	A dynamic closed-loop location-inventory problem under disruption risk	Computers & Industrial Engineering	2015	12/11/12
Kumar et al. (2016)	Multi-objective modeling of production and pollution routing problem with time window: A self-learning particle swarm optimization approach	Computers and Industrial Engineering	2016	12/09/12

Os três primeiros trabalhos da Tab. 2 (Dekker et al., 2012; Lin et al., 2014 e Demir et al., 2014a) são de revisão da literatura, sendo o segundo artigo, o mais relevante para esta pesquisa por conta da classificação do GVRP. Ramos et al. (2014) demonstraram uma modelagem multi-objetivo (minimizar custos, minimizar emissão de CO<sub>2</sub> e minimizar horas de trabalho) e os demais autores mais citados trabalharam com apenas dois objetivos. Demir et al. (2014b) apresentaram um modelo bi-objetivo

aplicado ao PRP e utilizaram o algoritmo ALNS (*Adaptive Large Neighborhood Search*) como procedimento de solução. Validi et al. (2014) e na sequência Validi et al. (2015), propuseram um modelo *Green* de otimização multi-objetivo que busca minimizar as emissões de CO<sub>2</sub> e os custos totais na distribuição de uma cadeia de suprimentos. Ramos et al. (2014) e Asl-Najafi et al. (2015) abordaram uma contextualização em Logística Reversa. Long et al. (2014) utilizaram o *bi-objective turning restriction design problem* (BOTRDP). Por fim, Kumar et al. (2016) expuseram uma abordagem *green* e *pollution routing* com o uso de dois objetivos.

## 6. Considerações finais

Foi aqui investigado o MOOGVRP e apresentada uma taxonomia obtida da literatura, que formalizou três variações do referido problema: GVRP, PRP e VRPRL. Foram sucintamente apresentadas as variações das abordagens do VRP e dos problemas de MOO, a fim de facilitar a seleção da amostra de pesquisa que ficou composta por 61 artigos, sendo posteriormente estratificadas algumas informações. O Iran foi o país onde mais se publicou sobre o assunto, mais especificamente, pesquisadores da *University of Tehran*.

Os principais objetivos utilizados pelos pesquisadores foram minimizar custos, minimizar a emissão de gases poluentes, minimizar o tempo, minimizar o consumo de combustível, minimizar distância, maximizar a satisfação (dos clientes), minimizar combustível e emissão de gases poluentes simultaneamente, minimizar a energia (consumo da bateria) e minimizar o ruído do ambiente. A maior parte dos artigos publicados são do tipo bi-objetivo e utilizam procedimentos heurísticos para obter a solução. Os *softwares* mais utilizados foram o CPLEX, GAMS e MatLab. Os três trabalhos mais citados são de revisão da literatura, os demais são estudos de procedimentos exatos e heurísticos para solução.

A partir dos dados levantados têm-se condições de detectar lacunas na literatura para futuros avanços relacionados ao MOOGVRP como, por exemplo, considerar frota heterogênea com coleta e entrega simultânea, levando-se em conta os seguintes três objetivos: minimizar a emissão de gases poluentes e consumo de combustível; minimizar tempo de percurso e minimizar a distância percorrida.

### Agradecimentos:

Os autores agradecem à CAPES (1º. Autor) e ao CNPq (2º. e 3º. autores) pelas bolsas que lhes vêm sendo concedidas.

### Referências

Adiba, E.L.B.E.I., Elhassania, M., Ahemd, E.A. 2016. A hybrid metaheuristic to minimize the carbon dioxide emissions and the total distance for the vehicle routing problem. *International Journal of Soft Computing*. 11 (6), 409-417.

Al-e-hashem, S.M.J.M., Rekik, Y., Hoseinhajlou, E.M. 2017. A hybrid L-shaped method to solve a bi-objective stochastic transshipment-enabled inventory routing problem. *International Journal of Production Economics*. 1-18.

Alexiou, D., Katsavounis, S. 2015. A multi-objective transportation routing problem. *Operational Research*. 15, 199-211.

Alinaghian, M., Zamani, M. 2017. A bi-objective fleet size and mix green inventory routing problem, model and solution method. *Soft Computing*. 1-17.

Amer, H., Salman, N., Hawes, M., Chaqfeh, M., Mihaylova, L., Mayfield, M. 2016. An improved simulated annealing technique for enhanced mobility in smart cities. *Sensors (Switzerland)*. 16, 1-23.

Androutsopoulos, K.N., Zografos, K.C. 2017. An integrated modelling approach for the bicriterion vehicle routing and scheduling problem with environmental considerations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 82, 180-209.

- Asl-Najafi, J., Zahiri, B., Bozorgi-Amiri, A., Taheri-Moghaddam, A. 2015. A dynamic closed-loop location-inventory problem under disruption risk. *Computers & Industrial Engineering*. 90, 414–428.
- Braekers, K., Ramaekers, K., Nieuwenhuysse, I.V. 2016. The vehicle routing problem: State of the art classification and review. *Computers & Industrial Engineering*. 99, 300–313.
- Bravo, M., Rojas, L.P., Parada, V. 2017. An evolutionary algorithm for the multi-objective pick-up and delivery pollution-routing problem. *International Transactions in Operational Research*. 1–16.
- Clarke, G. e Wright, J. W. 1964. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568–582.
- Coelho, B.N., Coelho, V.N., Coelho I.M., Ochi, L.S., Haghazadeh K, R., Zuidema, D., Lima, M.S.F., Costa, A.R. 2017. A multi-objective green UAV routing problem. *Computers and Operations Research*. 88, 306–315.
- Dantzig, G.B. e Ramser, J.H. 1959. The truck dispatching problem. *Management Science*. 6, 80–91.
- Dekker, A.L., Bloemhof, J., Mallidis, I. 2012. Operations Research for green logistics - An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*. 219,671–679.
- Demir, E., Bektas, T., Laporte, G. 2014a. A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research*. 237, 775–793.
- Demir, E., Bektas, T., Laporte, G. 2014b. The bi-objective Pollution-Routing Problem. *European Journal of Operational Research*. 232, 464–478.
- Deqqaq, H., Aboudellah, A. 2016. A bi-objective optimization for a green distribution network with transportation modes selection. 2016 11th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA). 1–6.
- Eksioglu, B., Vural, A.V., Reisman, A. 2009. The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*. 57, 1472–1483.
- Esmaili, M., Sahraeian, R. 2017. A new bi-objective model for a two-echelon capacitated vehicle routing problem for perishable products with the environmental factor. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*. 4 (30), 523–531.
- Fukasawa, R., He, Q., Song, Y. 2016. A disjunctive convex programming approach to the pollution-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*. 94, 61–79.
- Ghannadpour, S.F., Hooshfar, M. 2016. Multi-objective vehicle routing problem with time windows and fuel consumption minimizing. *ICORES 2016 - Proceedings of the 5th International Conference on Operations Research and Enterprise Systems*. 92–99.
- Ghezavati, V.R., Beigi, M. 2016. Solving a bi-objective mathematical model for location-routing problem with time windows in multi-echelon reverse logistics using metaheuristic procedure. *Journal of Industrial Engineering International*. 12, 469–483.
- Golden, B. L., Magnanti, T. L., & Nguyen, H. Q. 1972. Implementing vehicle routing algorithms. *Networks*, 7(2), 113–148.
- Govindan, K., Darbari, D.J., Agarwal, V., Jha, P.C. 2017. Fuzzy multi-objective approach for optimal selection of suppliers and transportation decisions in an eco-efficient closed loop supply chain network. *Journal of Cleaner Production*. 165, 1598–1619.
- Gupta, A., Heng, C.K., Ong, Y.S., Tan, P.S., Zhang, A.N. 2017. A generic framework for multi-criteria decision support in eco-friendly urban logistics systems. *Expert Systems with Applications*. 71,288–300.

Habibi, F., Asadi, E., Sadjadi, S.J., Barzinpour, F. 2017. A multi-objective robust optimization model for site-selection and capacity allocation of municipal solid waste facilities: A case study in Tehran. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*. 166, 816-834.

Hassanzadeh, A., Rasti-Barzoki, M. 2017. Minimizing total resource consumption and total tardiness penalty in a resource allocation supply chain scheduling and vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*. 58, 307–323.

Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., Voß, S. 2017. Multi-objective inter-terminal truck routing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 106, 178–202.

Herbawi, W., Weber, M. 2011. Comparison of multiobjective evolutionary algorithms for solving the multiobjective route planning in dynamic multi-hop ridesharing. 2011 IEEE Congress of Evolutionary Computation, CEC 2011. 2099-2106.

Jabir, E., Panicker, V.V., Sridharan, R. 2015. Multi-objective Optimization Model for a Green Vehicle Routing Problem. *Procedia - Social and Behavioral Sciences (XVIII Annual International Conference of the Society of Operations Management (SOM-14))*. 189, 33–39.

Jabir, E., Panicker, V.V., Sridharan, R. 2017. Design and development of a hybrid ant colony-variable neighbourhood search algorithm for a multi-depot green vehicle routing problem. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 57, 422–457.

Jauhar, S.K., Pant, M. 2016. Genetic algorithms in supply chain management: A critical analysis of the literature. *Sadhana-Academy Proceedings in Engineering Sciences*. 41 (9), 993–1017.

Kaabachi, I., Jriji, D., Madany, F., Krichen, S. 2017. A Bi-criteria Ant Colony Optimization for Minimizing Fuel Consumption and Cost of The Traveling Salesman Problem With Time Windows. *Procedia Computer Science*. 112, 886-895.

Kumar, R.S., Kondapaneni, K., Dixit, V., Goswami, A., Thakur, L.S., Tiwari, M.K. 2016. Multi-objective modeling of production and pollution routing problem with time window: A self-learning particle swarm optimization approach. *Computers and Industrial Engineering*. 99, 29–40.

Lam, H.Y. 2014. Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*. 41, 1118–1138.

Lin, C., Choy, K.L., Ho, G.T.S., Chung, S.H., Lam, H.Y. 2014. Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*. 41, 1118-1138.

Liu, J., Yuan, Y., Li, F., Ding, W. 2011. Bus trip planning service based on real time data. *Proceedings - 2011 Annual SRII Global Conference, SRII 2011*. 530-539.

Long, J., Szeto, W.Y., Huang, H. 2014. A bi-objective turning restriction design problem in urban road networks. *European Journal of Operational Research*. 237, 426–439.

Miettinen, K. 1999. *Nonlinear multiobjective optimization*. Norwell: Kluwer.

Moghaddam, Z., Ahmad, I., Habibi, D., Phung, Q.V. 2018. Smart Charging Strategy for Electric Vehicle Charging Stations. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*. 4(1), 76-88.

Molina, J.C., Eguia, I., Racero, J., Guerrero, F. 2014. Multi-objective Vehicle Routing Problem with Cost and Emission Functions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences (XI Congreso De Ingenieria Del Transporte (CIT 2014))*. 160, 254-263.

Muñoz-Villamizar, A., Montoya-Torres, J.R., Faulin, J. 2017. Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 50, 40–54.



- Musavi, M., Bozorgi-Amiri, A. 2017. A multi-objective sustainable hub location-scheduling problem for perishable food supply chain. *Computers and Industrial Engineering*. 113, 766–778.
- Niknamfar, A.H., Niaki, S.T.A. 2016. Fair profit contract for a carrier collaboration framework in a green hub network under soft time-windows: Dual lexicographic max-min approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 91, 129–151.
- Norouzi, N., Sadegh-Amalnick, M., Tavakkoli-Moghaddam, R. 2017. Modified particle swarm optimization in a time-dependent vehicle routing problem: minimizing fuel consumption. *Optimization Letters*. 11, 121–134.
- Poonthalir, G., Nadarajan, R. 2018. A Fuel Efficient Green Vehicle Routing Problem with varying speed constraint (F-GVRP). *Expert Systems with Applications*. 100, 131–144.
- Qiu, R., Xu, J., Zeng, Z. 2017. Carbon emission allowance allocation with a mixed mechanism in air passenger transport. *Journal of Environmental Management*. 200, 204–216.
- Rabbani, M., Bosjin, S.A., Yazdanparast, R., Saravi, N.A. 2018. A stochastic time-dependent green capacitated vehicle routing and scheduling problem with time window, resiliency and reliability: A case study. *Decision Science Letters*. 7, 381–394.
- Rahimi, M., Baboli, A., Rekik, Y. 2016. Sustainable Inventory Routing Problem for Perishable Products by Considering Reverse Logistic. *IFAC-PapersOnLine*. 49(12), 949–954.
- Ramos, T.R.P., Gomes, M.I., Barbosa-Póvoa, A.P. 2014. Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns. *Omega (United Kingdom)*. 48, 60–74.
- Sawik, B., Faulin, J., Pérez-Bernabeu, E. 2017a. A Multicriteria Analysis for the Green VRP: A Case Discussion for the Distribution Problem of a Spanish Retailer. *Transportation Research Procedia*. 22, 305–313.
- Sawik, B., Faulin, J., Pérez-Bernabeu, E. 2017b. Multi-Criteria Optimization for Fleet Size with Environmental Aspects. *Transportation Research Procedia*. 27, 61–68.
- Sawik, B., Faulin, J., Pérez-Bernabeu, E., Serrano-Hernandez, A. 2016. Bi-objective optimization models for green vrp approaches. *13th International Conference on Industrial Logistics, ICIL 2016 - Conference Proceedings*. 247–254.
- Schaefer, B., Konur, D. 2015. Economic and environmental considerations in a continuous review inventory control system with integrated transportation decisions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 80, 142–165.
- Shafiee, M.E. 2013. Integrating an agent-based model with a multi-objective evolutionary algorithm to warn consumers in a water contamination event using emergency vehicles. *World Environmental and Water Resources Congress 2013: Showcasing the Future - Proceedings of the 2013 Congress*. 2550–2558.
- Shukla, A.K., Nath, R., Muhuri, P.K. 2017. NSGA-II based multi-objective pollution routing problem with higher order uncertainty. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*. 1–6.
- Si, B.F., Zhang, H.Y., Zhong, M., Yang, X.B. 2011. Multi-criterion system optimization model for urban multimodal traffic network. *Science China Technological Sciences*. 54 (4), 947–954.
- Soleimani, H., Chaharlang, Y., Ghaderi, H. 2018. Collection and distribution of returned-remanufactured products in a vehicle routing problem with pickup and delivery considering sustainable and green criteria. *Journal of Cleaner Production*. 172, 960–970.

- Steiner, M.T.A., Datta, D., Steiner Neto, P.J., Scarpin, C.T., Figueira, J.R. 2015. Multi-objective optimization in partitioning the healthcare system of Parana State in Brazil. *Omega*. 52, 53-64.
- Steiner Neto, P.J., Datta, D., Steiner, M.T.A., Canciglieri Júnior, O., Figueira, J.R., Detro, S.P., Scarpin, C.T. 2017. A multi-objective genetic algorithm based approach for location of grain silos in Paraná State of Brazil. *Computers & Industrial Engineering*. 111, 318-390.
- Sun, Y., Lang, M., Wang, D. 2016. Bi-objective modelling for hazardous materials road–rail multimodal routing problem with railway schedule-based space–time constraints. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 13 (762), 1-31.
- Toro, E.M., Franco, J.F., Echeverri, M.G., Guimarães, F.G. 2017a. A multi-objective model for the green capacitated location-routing problem considering environmental impact. *Computers and Industrial Engineering*. 110, 114–125.
- Toro, E.M., Franco, J.F., Echeverri, M.G., Guimarães, F.G., Rendón, R.A.G. 2016b. Green open location-routing problem considering economic and environmental costs. *International Journal of Industrial Engineering Computations*. 8, 203–216.
- Tricoire, F., Parragh, S.N. 2017. Investing in logistics facilities today to reduce routing emissions tomorrow. *Transportation Research Part B: Methodological*. 103, 56–67.
- Validi, S., Bhattacharya, A., Byrne, P.J. 2014. A case analysis of a sustainable food supply chain distribution system—A multi-objective approach. *International Journal of Production Economics*. 152, 71–87.
- Validi, S., Bhattacharya, A., Byrne, P.J. 2015. A solution method for a two-layer sustainable supply chain distribution model. *Computers & Operations Research*. 54, 204–217.
- Wen, T., Zhang, Z., Wong, K.K.L. 2016. Multi-Objective Algorithm for Blood Supply via Unmanned Aerial Vehicles to the Wounded in an Emergency Situation. *Plos one*. 11(5), 1-22.
- Yang, B., Hu, Z., Wei, C., Li, S., Zhao, L., Jia, S. 2015. Routing with time-windows for multiple environmental vehicle types. *Computers and Industrial Engineering*. 89, 150–161.
- Zeng, W., Miwa, T., Morikawa, T. 2016. Prediction of vehicle CO2 emission and its application to eco-routing navigation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 68, 194–214.
- Zhalechian, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Rahimi, Y., Jolai, F. 2017. An interactive possibilistic programming approach for a multi-objective hub location problem: Economic and environmental design. *Applied Soft Computing*. 52, 699–713.
- Zhao, J., Ke, G.Y. 2017. Incorporating inventory risks in location-routing models for explosive waste management. *International Journal of Production Economics*. 193, 123–136.