

PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO NA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ANÁLISE DAS APLICAÇÕES

Márcia Marcondes Altimari Samed

Juliano Bertolli Moura

Thiago de Souza Borges Ordeno

Universidade Estadual de Maringá

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

RESUMO

As decisões sobre localização de instalações são críticas para o sucesso ou fracasso de uma operação humanitária. Este artigo tem como objetivo realizar uma análise da evolução dos estudos envolvendo os problemas de localização na área da logística humanitária. O artigo apresenta uma análise bibliográfica de forma quantitativa e qualitativa das aplicações na área da logística humanitária. A análise bibliográfica foi realizada por meio de artigos pesquisados na base *Scopus*. Os resultados da análise dos artigos pesquisados possibilitam concluir que as publicações em que os problemas de localização na logística humanitária são abordados evoluíram tanto em número quanto em qualidade.

ABSTRACT

Decisions about facility location are critical to the success or failure of a humanitarian operation. This article aims to conduct an analysis of the evolution of studies involving location problems in the area of humanitarian logistics. The article presents a quantitative and qualitative bibliographical analysis of applications in the area of humanitarian logistics is presented. The bibliographic analysis was performed through articles searched in the Scopus database. The results of the analysis of the researched articles, it is possible to conclude that the publications in which the localization problems in humanitarian logistics are addressed evolved both in number and quality.

1. INTRODUÇÃO

As decisões de localização de instalações são críticas para o sucesso de qualquer esforço de ajuda humanitária e, assim, encontraram atenção significativa de pesquisadores e profissionais (Görmez et al., 2011).

Vários autores propuseram estudos de revisão da literatura relacionando os temas: logística humanitária e problemas de localização, dentre os quais, destacam-se os trabalhos de Altay e Green (2006), Caunhye et al. (2012) e Samed e Gonçalves (2013). Tais artigos demonstram os avanços dos estudos ao longo dos anos, identificam lacunas nas pesquisas e recomendam proposições para trabalhos futuros.

O presente artigo busca complementar os estudos que realizaram uma revisão de literatura da logística humanitária com foco nos problemas de localização. Deste modo, pretende-se responder algumas questões problema: Como o problema de localização se desenvolveu nos últimos anos no contexto da logística humanitária? Quais métodos estão sendo utilizados para se resolver problemas de localização na logística humanitária? Quais as atuais contribuições do problema de localização para a logística humanitária?

Com base no exposto, este artigo está estruturado da seguinte forma: Referencial Teórico, que apresenta algumas citações relacionam o conceito da logística humanitária ao problema de localização; Metodologia, que apresenta um desenho do fluxo de desenvolvimento da pesquisa; Resultados, que foram subdivididos em análise quantitativa e análise qualitativa; Considerações Finais, Agradecimentos e Referências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Logística Humanitária foi definida por Thomas e Mizushima (2005), como o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo eficiente e econômico e o armazenamento de bens e materiais, bem como informações relacionadas, do ponto de origem ao ponto de consumo, a fim de atender aos requisitos do beneficiário final.

Roh et al. (2013) afirmam que os desastres naturais e os causados pela intervenção humana tem aumentado exponencialmente desde a década de 1950. Muitos desastres naturais são detectados no mundo e, para os envolvidos com a logística humanitária, ainda existem dificuldades para a determinação da localização armazéns de pré-posicionamento, bem como da quantidade de itens que devem ser armazenados (Florez et al., 2015). Assim, os problemas emergenciais da logística humanitária fizeram com que a localização de instalações se tornasse uma abordagem importante para esse tipo de problema.

Ao longo dos anos, o envolvimento de pesquisadores e organizações mundiais não governamentais com as questões humanitárias busca desenvolver formas de atender rapidamente as áreas atingidas por desastres, sejam eles naturais ou causados pelo homem. Nesse intuito busca-se, aliviar as áreas afetadas e atender as vítimas com suprimentos básicos para a sobrevivência. Com isso as questões de ajuda humanitária podem se apoiar em modelagens matemáticas obtidas através da pesquisa operacional. A quantidade de pessoas afetadas em uma situação de emergência humanitária, requer uma demanda por suprimentos que pode variar devido à localização, gravidade e tempo que ocorreu o desastre (Hong et al., 2015).

Para Salman e Yücel (2015), a resposta aos danos causados à infraestrutura das vias de acesso entre os pontos de demanda e os pontos de suprimento poderia ter maior eficácia com um modelo sistemático utilizado para auxiliar na tomada de decisão de localização de instalações emergenciais. Os autores afirmam que os modelos matemáticos aplicados aos problemas de localização auxiliam na geração de caminhos alternativos a partir de potenciais pontos de suprimento, estabelecendo o menor caminho para o transporte de socorro às vítimas pós-desastre.

Alguns desastres podem, além de impactar fortemente a rede de distribuição, também destruir recursos ou causar um colapso na infraestrutura. No terremoto que ocorreu no Haiti em 2010, a infraestrutura pós-desastre foi destruída, dificultando a eficiência do atendimento às vítimas. Nesse contexto, um processo de decisão robusto para apoiar a tomada de decisão para a localização de centrais de ajuda humanitária possui potencial para contribuir para o bom desempenho na etapa de resposta ao atendimento da ocorrência (Florez, 2015).

O desenvolvimento tecnológico tem desempenhado um papel fundamental e crescente nas atividades envolvendo desastres. Nesses casos são estudadas possibilidades de utilização de veículos aéreos não tripulados (drones) como parte das atividades de auxílio à comunicação. As pesquisas estão sendo desenvolvidas, devido aos danos que afetam a infraestrutura de comunicação durante os desastres e, como drones são rápidos e fáceis de serem colocados em

ação, estes equipamentos fazem a conexão entre a área de desastre e a segurança pública (Merwaday e Guvenc 2015).

No que diz respeito à cadeia de suprimento, desastres podem causar a interdição de vias de acesso às zonas afetadas e com isso causar atrasos na prestação de socorro às vítimas. As interdições dos acessos ao local do desastre impactam diretamente na taxa de sobrevivência das pessoas afetadas. É fundamental que as organizações e os governos tenham maior envolvimento nas questões humanitárias de forma que, através da elaboração e implementação de um plano de ação emergencial bem estruturado, minimize os riscos de interrupção de acessos às áreas afetadas. Esse contexto foi contemplado por Timperio et al. (2017) na elaboração de um “framework” de suporte à tomada de decisão para a localização de instalações em uma rede de ajuda humanitária.

O ambiente complexo e dinâmico gerado em uma situação pós-desastre gera dificuldades para o atendimento às vítimas quanto ao abastecimento de materiais de necessidades básicas, tais como água, alimentos, medicamentos, etc., bem como o acesso para as equipes de resgate. Assim, a localização de pontos de distribuição de suprimentos emergenciais se faz imprescindível, pois quanto maiores forem as possibilidades de acesso às áreas de desastre, menor será o sofrimento humano e a perda de vidas (Loree e Aaros-Vera, 2018).

Muitas operações humanitárias são prejudicadas devido às localizações de pontos de suprimentos, pois estas desempenham um papel fundamental no planejamento estratégico das atividades. Nesse contexto, a modelagem matemática é uma ferramenta importantíssima para planejar antecipadamente a localização de alojamentos hospitalares e ambulatoriais, polícia, centros de distribuição (CD), depósitos e abrigos temporários (Jalali et al., 2018).

3. METODOLOGIA

O presente artigo tem caráter essencialmente teórico e consiste em uma análise descritiva, cujo objetivo é contribuir para a atualização da revisão de literatura acerca dos problemas de localização no contexto da logística humanitária. Para tanto, esta pesquisa teve como referência alguns artigos de revisão de literatura, relacionados em ordem cronológica:

- Altay e Green (2006) realizaram um *survey* na literatura da pesquisa operacional para identificar futuras direções de pesquisa em operações de desastres. Os autores selecionaram 109 artigos, dos quais, apenas 13 artigos referem-se especificamente ao problema de localização no contexto da logística humanitária.
- Caunhye et al. (2012) elaboraram uma revisão de literatura sobre modelos de otimização na logística emergencial. Os autores analisaram 74 publicações, sendo que 17 artigos abordam o problema de localização.
- Samed e Gonçalves (2013) realizaram um estudo para identificar o estado atual das publicações sobre localização na logística humanitária no Brasil. As autoras concluíram que o início das publicações sobre o assunto ocorreu em 2009, alcançando o maior número em 2012. Por fim, evidenciaram um potencial para o desenvolvimento estudos sobre problemas com vários níveis hierárquicos, múltiplas facilidades, problemas estocásticos, problemas dinâmicos, multiobjetivos, modelos *p*-centro, modelos de cobertura de conjuntos, métodos heurísticos, metaheurísticas e métodos multicritérios.

A metodologia foi estruturada em cinco etapas para obtenção dos artigos relevantes que compõem este artigo. A Figura 1 ilustra as etapas realizadas no processo de seleção dos artigos.

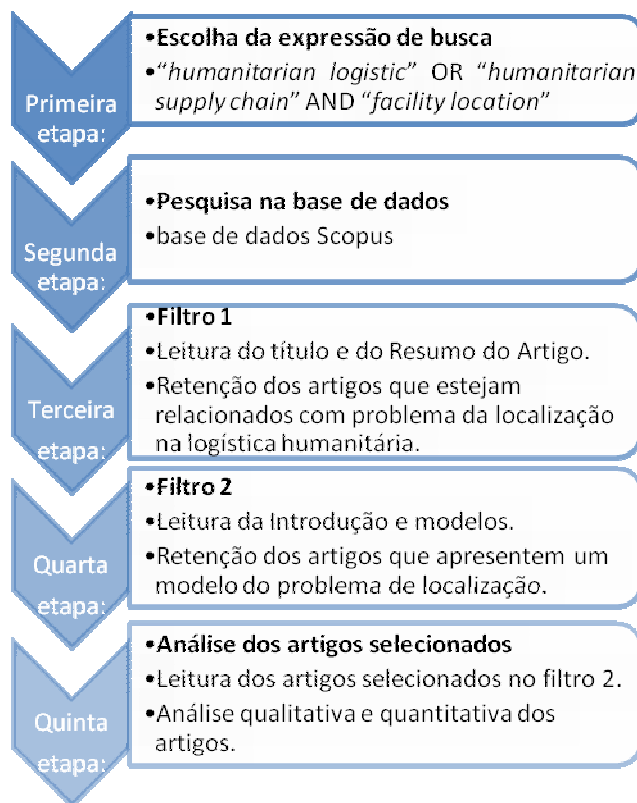


Figura 1: Representação da metodologia utilizada para a realização da pesquisa
Fonte: Os autores

Na primeira etapa foi escolhida a expressão de busca para a concepção do artigo. A expressão de busca utilizada foi “humanitarian logistic” OR “humanitarian supply chain” AND “facility location”. Assim, foi possível delimitar a pesquisa envolvendo a logística e a cadeia de suprimento humanitária e os modelos aplicados para a determinação da localização de centrais de atendimento a vítimas de desastres. Essas expressões foram consideradas as que melhor atendem os requisitos estabelecidos para o desenvolvimento do artigo.

Na segunda etapa escolheu-se a base de dados Scopus para a realização da pesquisa bibliográfica. Definiu-se o período de busca de 2013 até 2018, por contribuir para complementar a revisão de literatura no âmbito dos trabalhos considerados como referência. A pesquisa na base Scopus resultou num de total de 32 artigos.

Na terceira etapa os artigos passaram pelo filtro 1, em que realizou-se a leitura do título e introdução para verificação de adequação dos artigos ao tema proposto. Neste filtro dois artigos não passaram por não focarem no problema de localização, restando 30 artigos.

Na quarta etapa aplicou-se o filtro 2, onde ocorreu a leitura da introdução e dos modelos apresentados pelos artigos, sendo que 8 artigos foram excluídos por não apresentarem um

modelo do problema de localização ou uma aplicação. Nessa etapa, foram selecionados 22 artigos.

Na quinta etapa foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa dos 22 artigos que passaram pelos filtros anteriores. Essas análises são apresentadas na seção Resultados. A Figura 2 representa o resultado do processo de seleção de artigos.

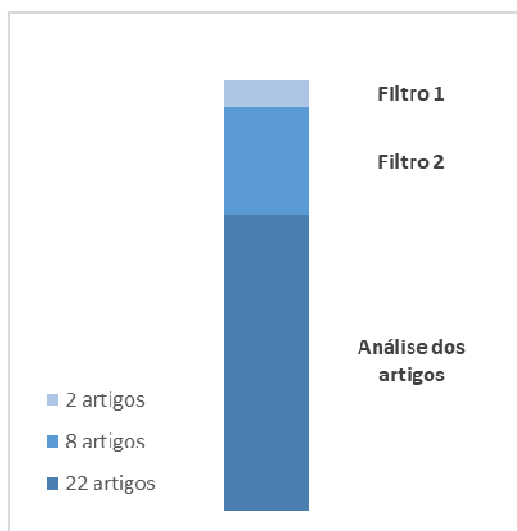


Figura 2: Representação do processo de seleção de artigos
Fonte: Os autores

4. RESULTADOS

Nesta seção, apresenta-se as análises quantitativa e qualitativa dos artigos selecionados.

4.1. Análise Quantitativa

O gráfico apresentado na Figura 3 demonstra os 30 artigos resultantes da pesquisa inicial, sendo 22 artigos de aplicação no contexto dos problemas de localização na logística humanitária, os demais, versam sobre problemas de localização, mas focam em revisão de bibliográfica ou não se aplicam à logística humanitária e, portanto, foram descartados da pesquisa.

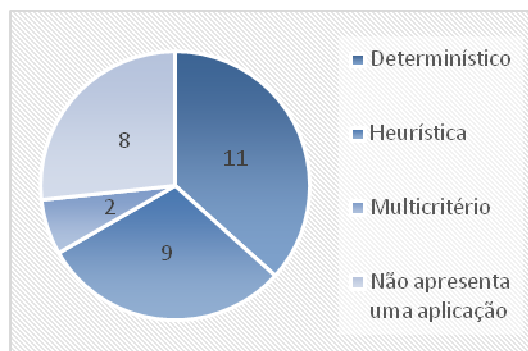


Figura 3: Quantidade de artigos por método
Fonte: Os autores

De acordo com o gráfico da Figura 3, os métodos mais frequentes nas aplicações de problemas de localização na logística humanitária são os métodos determinísticos, as heurísticas e os métodos multicritério.

O gráfico representado na Figura 4 demonstra a evolução dos artigos por ano que aplicaram o problema de localização na logística humanitária, considerando as categorias de métodos determinístico, heurística e multicritério. É possível verificar que ocorreu uma evolução das publicações, principalmente após 2015.

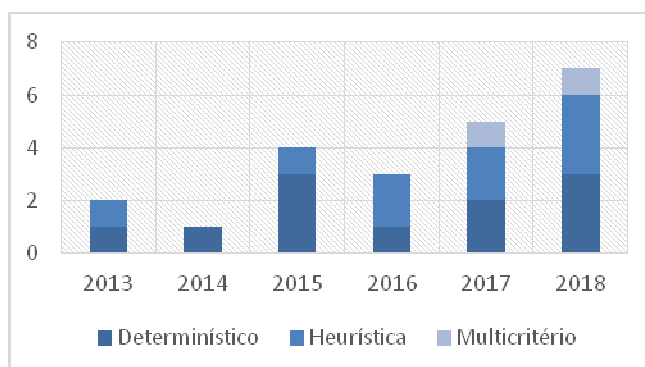


Figura 4: Evolução dos artigos por ano e método
Fonte: Os autores

Por meio do gráfico da Figura 4 é possível observar que os métodos determinísticos possuem a maior contribuição para a solução de problemas de localização na logística humanitária. Em seguida, tem-se o emprego das heurísticas e, apenas recentemente, houve o emprego do método multicritério.

No gráfico representado pela Figura 5 foram extraídas informações quanto à procedência dos autores que publicaram no contexto dos problemas da localização na logística humanitária. Para tanto, foi considerado o país do primeiro autor do artigo.

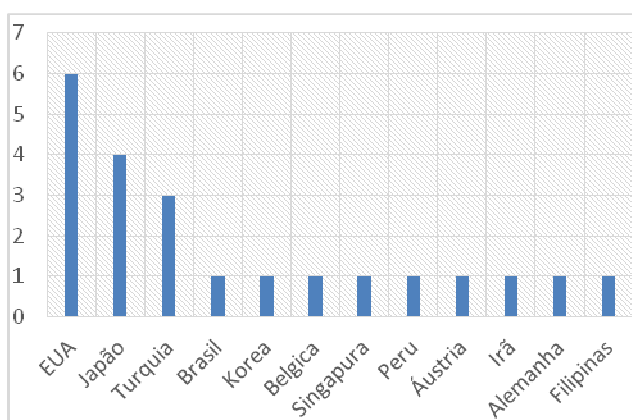


Figura 5: País de origem dos artigos
Fonte: Os autores

Os Estados Unidos possuem o maior número de publicações na área, seguido por Japão e Turquia. As publicações desses 3 países representam 59% das publicações, as demais (41%) estão igualmente distribuídas entre 9 países.

4.2. Análise Qualitativa

Alguns artigos relevantes que resultaram da aplicação do último filtro foram selecionados para uma análise qualitativa.

Leiras et al. (2014) apresentaram um estudo em que foi possível identificar que a logística humanitária começou a se desenvolver a partir do ano 2000. Esse mesmo estudo evidenciou que os problemas de localização apresentam a menor quantidade de artigos publicados quando comparados às outras áreas da logística humanitária. De acordo com os autores, 21 artigos abordaram o problema de localização de instalações na logística humanitária, cujas implementações, na sua maioria, consistem em métodos determinísticos.

Para Manopiniwes et al. (2014), o fator mais importante durante a fase de preparação de uma situação de desastre é a determinação dos locais das instalações e da infraestrutura, que envolvem armazéns centrais, depósitos locais, instalações de socorro permanente e temporário. A proposta do modelo feita pelos autores complementa a estratégia do sistema de cadeia de suprimento de emergência. A maior eficiência na aquisição de suprimentos, melhor tempo de resposta, custos menores de envio, demonstram como a cadeia de assistência humanitária pode ser utilizada na otimização de melhores investimentos com a finalidade de alcançar o maior benefício possível. Os autores alertam que os modelos de otimização abrangem desafios mais objetivos e podem ser agrupados em três categorias, conforme o tipo de modelo e as características logística. O grupamento dos modelos envolve o problema de localização da instalação, de distribuição e de estoques, sendo os modelos de localização de estoques os mais populares para a resolução de problemas de pós-desastre.

No estudo desenvolvido por Hong et al. (2015), foram considerados modelos estocásticos para modelar as incertezas da capacidade de demanda, pois, na ocorrência de um desastre, é possível que haja um atraso no fornecimento da quantidade de suprimentos emergenciais para as pessoas afetadas. O estudo propõe um modelo de dois estágios para formular um problema de otimização estocástico, considerando o planejamento pré-desastre de longo prazo, onde buscaram desenvolver modelos que suportam as decisões de resposta para e pré-posicionamento de estoques.

Salman e Yücel (2015) utilizaram a heurística para modelar o impacto espacial do desastre nos elos da rede por meio de falhas aleatórias com dependência, de tal forma que a falha de um elo induz a falha nos elos mais próximos que são estruturalmente mais vulneráveis. Para cada ponto de demanda, um conjunto de caminhos alternativos é gerado a partir de cada ponto de suprimento potencial, de modo que o menor caminho resultante seja usado para o transporte de socorro após o desastre. O objetivo consiste em maximizar a cobertura da demanda esperada, considerando uma distância especificada sobre todas as possíveis realizações de rede. O modelo desenvolvido é resolvido pelo algoritmo de busca tabu e ainda traz a aplicação do modelo em um caso de terremoto em Istambul.

Ares et al. (2016) propuseram um modelo de programação inteira mista para o problema de localização de centros de bem-estar de estradas (CBE) em paradas movimentadas de

caminhões ao longo das principais rotas na África subsaariana. O artigo considera o problema de localizar um número fixo CBE com base nesses objetivos de eficácia e equidade. Os autores apresentam um novo tipo de formulação de particionamento de conjuntos para o problema e propõe um algoritmo de geração de colunas para resolvê-lo. Os autores alertam que para instâncias maiores de problemas gerados aleatoriamente dentro de um período de tempo aceitável.

Chowdhury et al. (2017) projetaram um modelo de aproximação contínua que potencializam os drones como um meio de transporte para fornecer produtos emergenciais para região de desastres. O modelo proposto determina os locais ideais para centros de distribuições e suas respectivas regiões de serviços com objetivo de minimizar o custo de distribuição para operação de alívio de desastres. Foram consideradas três regiões costeiras no Mississippi como teste para visualizar e validar a modelagem.

Baskaya et al. (2017) desenvolveram 3 modelos matemáticos de programação inteira mista: “direct shipment model” (DT), “lateral transshipment model” (LTSP) e “maritime lateral transshipment model” (MLTSP). Os modelos foram desenvolvidos com o objetivo de definir os locais e o número de instalações de socorro, quantidade de itens de socorro a serem mantidos nessas instalações e quantidade de transbordo lateral entre as instalações. O DT foi utilizado como modelo básico de embarque direto para escolha de localização, aos modelos LTSP e MLTSP acrescentou-se o transbordo lateral e transbordo marítimo lateral. O artigo testou os modelos no caso de um cenário real de terremoto em Istambul e concluiu que os modelos MLTSP e LTSP, apesar de apresentarem um tempo computacional maior, apresentam resultados melhores que o modelo DT, pois ajuda os beneficiários a obter itens mais rapidamente e com o maior nível de serviço.

Jalali et al. (2018) propuseram um modelo multiobjetivo para definir a localização de instalações na logística humanitária. O modelo matemático proposto foi baseado em quatro índices: densidade populacional, adequação usuário, acesso à estrada e fechamento do local apropriado para o estabelecimento de uma instalação de emergência.

De acordo com o exposto, é possível observar que alguns autores se preocuparam com uma adaptação do problema de localização por meio da introdução de algumas particularidades da logística humanitária.

5. Considerações Finais

O problema de localização na logística humanitária começou a se desenvolver, principalmente a partir da necessidade da rapidez de resposta, fator fundamental em casos de desastres. São exemplos de problemas pesquisados nos últimos anos: definição de localização de instalações de emergência (instalações de socorro, depósitos, abrigos); de bases para drones; de instalações que permitam o transbordo e transbordo marítimo; de instalações através da incertezas que algumas rotas podem ser inutilizadas; com o objetivo no tempo de atendimento e/ou no custo.

Esse artigo evidencia um crescimento dos estudos referentes aos problemas de localização na logística humanitária, principalmente de 2015 até 2018. Foi demonstrado que o maior número

de publicações está concentrado nos Estados Unidos. A base selecionada para a pesquisa demonstrou a baixa relevância do Brasil no cenário em estudo, apresentando somente uma publicação nos últimos anos. Neste contexto, o presente artigo pode impulsionar novos direcionamentos para pesquisas e desenvolvimentos futuros.

As aplicações de métodos para resolver os problemas de localização de instalações na logística humanitária, em sua maioria, consistem em aplicações de métodos determinísticos, embora as heurísticas também tenham uma significativa participação. Devido às incertezas provenientes na logística humanitária e às características de seus modelos, as heurísticas aparecem como uma boa opção para desenvolvimento de soluções para o problema de localização de instalações. O método multicritério teve a menor participação nas publicações dos últimos anos, apesar de apresentarem contribuições para auxiliar a tomada de decisões por considerar a inclusão de aspectos qualitativos que acabam não sendo considerados em outros métodos.

Com base na análise qualitativa dos artigos selecionados, identificou-se a introdução de novas tecnologias ao problema de localização na logística humanitária, como a introdução de drones. Do mesmo modo, observou-se a construção de novos modelos agregados ao problema de localização na logística humanitária para inclusão de novas variáveis e incertezas.

Agradecimentos

Agradecimentos à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ares, J. N., De Vries, H., Huisman, D. (2016). A column generation approach for locating roadside clinics in Africa based on effectiveness and equity. *European Journal of Operational Research*, 254(3), 1002-1016.
- Baskaya, S., Ertem, M. A., Duran, S. (2017). Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 57, 50-60.
- Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre, S. G., & Bian, L. (2017). Drones for disaster response and relief operations: A continuous approximation model. *International Journal of Production Economics*, 188, 167-184.
- Florez, J. V., Lauras, M., Okongwu, U., Dupont, L. (2015). A decision support system for robust humanitarian facility location. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46, 326-335.
- Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F. S. (2011). Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1239-1252.
- Hong, X., Lejeune, M. A., Noyan, N. (2015). Stochastic network design for disaster preparedness. *IIE Transactions*, 47(4), 329-357.
- Jalali, R., Safari, H., Momeni, M., Moghadam, M. (2018). Relocation of facility location based on the inactive defense approach in humanitarian aid logistics. *Management Science Letters*, 8(5), 259-270.
- Leiras, A., de Brito Jr, I., Peres, E. Q., Bertazzo, T. R., Yoshizaki, H. Y. T. (2014). Literature review of humanitarian logistics research: trends and challenges. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 4(1), 95-130.
- Loree, N., Aros-Vera, F. (2018). Points of distribution location and inventory management model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116, 1-24.
- Manopiniwes, W., Nagasawa, K., Irohara, T. (2014). Humanitarian relief logistics with time restriction: Thai flooding case study. *Industrial Engineering & Management Systems*, 13(4), 398-407.
- Merwaday, A., Guvenc, I. (2015). UAV assisted heterogeneous networks for public safety communications. In *2015 IEEE wireless communications and networking conference workshops (WCNCW)* (pp. 329-334). IEEE.
- Roh, S. Y., Jang, H. M., Han, C. H. (2013). Warehouse location decision factors in humanitarian relief logistics. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), 103-120.

- Salman, F. S., Yücel, E. (2015). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case. *Computers & Operations Research*, 62, 266-281.
- Samed, M. M. A., Goncalves, M. B. (2013). O Estado Atual dos Problemas de Localização e suas Contribuições para as Pesquisas da Logística Humanitária no Brasil. *XXVII ANPET*.
- Thomas, A., Mizushima, M. (2005). Logistics training: necessity or luxury. *Forced Migration Review*, 22(22), 60-61.
- Timperio, G., Panchal, G. B., Samvedi, A., Goh, M., De Souza, R. (2017). Decision support framework for location selection and disaster relief network design. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 7(3), 222-245.