

ESTRUTURA PARA LOCALIZAÇÃO DE DEPÓSITOS DE SUPRIMENTOS DE AJUDA HUMANITÁRIA

Alexandre Duarte (Universidade de São Paulo)

María Fernanda Carnero Quispe (Universidade de São Paulo)

Luis Alberto Araujo Dorado (Universidade Federal de São Carlos)

José Geraldo Vidal Vieira (Universidade Federal de São Carlos)

Hugo Tsugunobu Yoshida Yoshizaki (Universidade de São Paulo)



Este artigo propõe uma estrutura de duas fases para a localização de depósitos de suprimentos de ajuda humanitária no estado de São Paulo, Brasil. Na primeira fase, emprega-se um modelo de otimização de Pareto para identificar soluções não dominadas. Na segunda fase, utiliza-se a Análise de Decisão Multicritério (MCDA), especificamente o método SMART, para avaliar as alternativas obtidas na primeira fase, considerando as preferências e julgamentos do tomador de decisões. A estrutura foi testada para o Estado de São Paulo, onde quinze municípios foram selecionados como potenciais locais para depósitos de suprimentos de ajuda humanitária. Após a aplicação do modelo de otimização de Pareto, foram identificadas seis soluções não dominadas. Posteriormente, ao aplicar o método SMART, determinou-se que a melhor alternativa seria localizar um único depósito no município de São Paulo. Concluiu-se que a estrutura proposta é uma ferramenta robusta, capaz de aprimorar a compreensão dos desafios humanitários ao gerar soluções para problemas de logística humanitária. Essas soluções são posteriormente avaliadas, incorporando aspectos qualitativos valorizados pelos tomadores de decisão.

Palavras-chave: Logística Humanitária, Problema de localização, Análise de Decisão Multi-Critério, Otimização de Pareto, Simple Multi Attribute Rating Technique.

1. Introdução

Um desastre é uma interrupção que impacta fisicamente um sistema completo, colocando em risco suas prioridades e objetivos (VAN WASSENHOVE, 2006). Em cenário de desastre, destaca-se a logística humanitária que abarca os processos e sistemas organizados destinados a mobilizar pessoas, recursos, habilidades e conhecimento com o propósito de prestar assistência a indivíduos vulneráveis impactados por desastres (KOVÁCS; SPENS, 2007).

Nas operações humanitárias, os métodos Otimização de Pareto e de Análise de Decisão multicritérios (MCDA) emergiram como ferramentas proeminentes para enfrentar os desafios intrínsecos à logística humanitária. Eles possibilitam aos tomadores de decisão avaliar os trade-off entre diferentes critérios de maneira mais abrangente e eficaz (GUTJAHR; NOLZ, 2016).

A Otimização de Pareto é uma abordagem amplamente adotada na qual modelos de otimização são utilizados para gerar soluções que não podem ser superadas por nenhuma outra em relação a todos os critérios considerados (MAHTAB et al., 2022).

Por outro lado, a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) analisa as alternativas predefinidas que são avaliadas com base em vários critérios, levando em consideração as preferências do tomador de decisões, a fim de priorizá-las (CARLAND et al., 2018). Um exemplo notável é a técnica de classificação por múltiplos atributos simples (ou *Simple Multi Attribute Rating Technique* - SMART) devido a sua simplicidade de aplicação e análise, bem como sua robustez (GOODWIN; WRIGHT, 2014). No entanto, é importante notar que esse método é pouco utilizado em logística humanitária.

Na logística humanitária, o problema de localização de instalações tem sido amplamente estudado para determinar a melhor localização para facilidades como depósitos, que desempenham um papel crucial na disponibilização de suprimentos de ajuda humanitária após a ocorrência de um desastre (BRITO; LEIRAS; YOSHIZAKI, 2020).

Para abordar este problema, Maharjan e Hanaoka (2019) ressaltam a importância de integrar abordagens qualitativas e quantitativas para lidar com esse problema. Isso envolve não apenas modelos matemáticos, mas também considerações qualitativas que incorporem a experiência e o conhecimento dos tomadores de decisão.

Com base no exposto, o objetivo deste artigo é desenvolver uma estrutura de duas fases para localizar depósitos de suprimentos no Estado de São Paulo, que integra os métodos Otimização de Pareto e o Método SMART. O caso de estudo será no Estado de São Paulo, caracterizado por desastres como deslizamentos de encostas, inundações e tempestades (AMARAL e GUTHJAR, 2015).

2. Revisão da literatura

2.1 Critérios e *trade-offs* em logística humanitária

As operações humanitárias são complexas pela presença de múltiplos objetivos além da minimização de custos (HUANG; SMILOWITZ; BALCIK, 2012). Diante disso, aproveitar a metodologia bem estabelecida de modelos multicritérios é um passo natural para fornecer suporte à decisão adequado aos tomadores de decisão (GUTJAH; NOLTZ, 2016). Para compreender plenamente este desafio, a Tabela 1 apresenta os critérios utilizados em problemas de localização de instalações em logística humanitária.

Um critério importante a considerar em logística humanitária é o custo. Essa métrica permite reduzir tanto os custos operacionais quanto os custos de transporte (YILMAZ; KABAK, 2020). Adicionalmente, deve-se incluir critérios relacionados à demanda, visando que o depósito fique perto do maior número de possíveis afetados de desastres (MAHTAB et al., 2022).

Após um desastre, é possível que as rodovias fiquem fechadas. Logo, outro critério importante a ser considerado é a acessibilidade da rede viária (BRITO; LEIRAS; YOSHIZAKI, 2020).

Deve-se também considerar a disponibilidade de tanto nacionais e internacionais, bem como a proximidade de aeroportos (LAGUNA-SALVADÓ *et al.*, 2019).

Outro desafio em operações humanitárias está associado à escassez de recursos humanos (RODRÍGUEZ, 2023). Portanto, os armazéns devem ser localizados em áreas com maior disponibilidade de recursos humanos qualificados e não qualificados, inclusive de voluntários. A proximidade com os interessados envolvidos na gestão de decisões das operações humanitárias, como governo local e defesa civil também precisa de ser considerada posto que isto facilita as operações administrativas (BRITO; LEIRAS; YOSHIZAKI, 2020).

2.2 Técnicas de otimização multicritério em modelos de logística humanitária

A otimização multicritério enfrenta a tensão inerente entre objetivos concorrentes frequentemente encontrados em modelos de logística humanitária (ALTURKI; LEE, 2024). Apesar de os métodos de otimização multicritério serem altamente eficientes, as operações humanitárias são complexas e cheias de incertezas (STARR; VAN WASSENHOVE, 2014). Consequentemente, obter soluções usando apenas um método pode trazer resultados limitados (NAIN; TRIVEDI, 2023). Muitos pesquisadores empregam métodos híbridos para abordar problemas neste campo (AGARWAL *et al.*, 2019; KOVACS; MOSHTARI, 2019), visando definir uma alternativa a partir de um conjunto de possibilidades.

A Otimização de Pareto é um método que produz resultados ótimos, nos quais melhorar um aspecto exigiria uma compensação com outro. Esse método gera uma coleção de soluções

ótimas, mas não oferece um método direto para seleção entre elas (ALTURKI; LEE, 2024). Neste cenário, quando os tomadores de decisão se deparam com uma situação com múltiplos objetivos conflitantes, como é o caso de objetivos monetários e não monetários, muito comum na logística humanitária (CARLAND *et al.*, 2018), a Otimização de Pareto pode reduzir significativamente sua carga cognitiva, limitando as escolhas potencialmente vastas a um grupo muito menor de alternativas. A partir deste conjunto refinado, pode ser mais simples selecionar a opção que melhor se alinha com suas preferências (GUTJAHR; NOLZ, 2016).

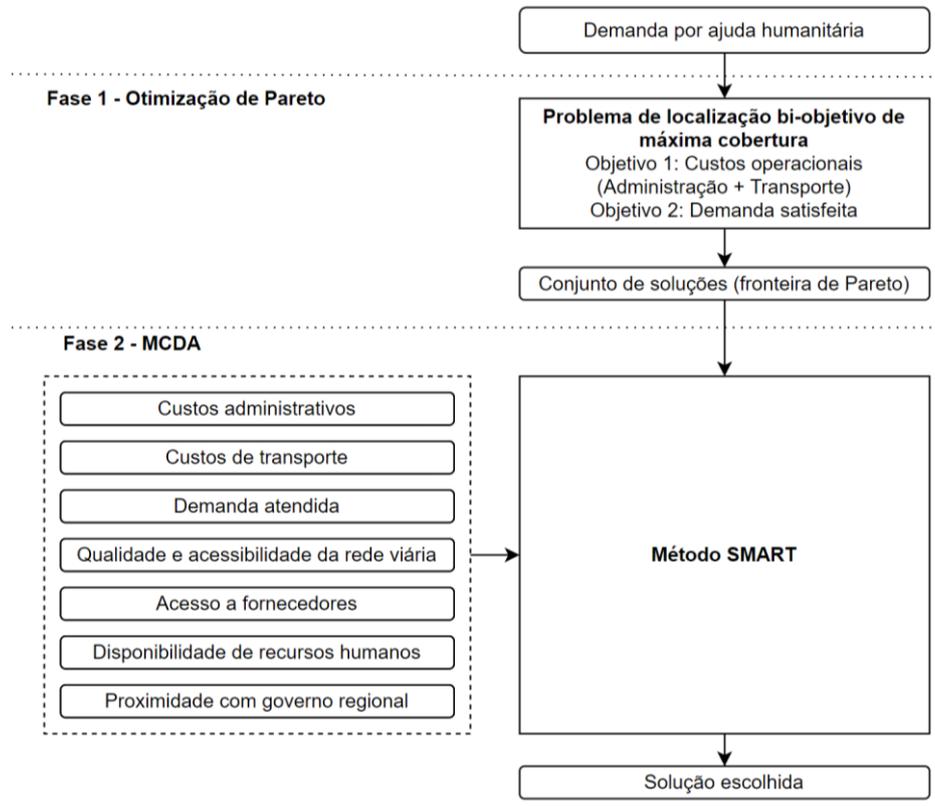
Embora a Otimização de Pareto seja uma técnica valiosa, ela se torna limitada ao lidar com um grande número de objetivos. Nesse sentido, para aprimorar a usabilidade do modelo de Otimização de Pareto, abordagens complementares são necessárias (KOVACS e MOSHTARI, 2019). Com base em revisões da literatura de logística humanitária (ALTURKI; LEE, 2024; NAIN; TRIVEDI, 2023), entre as diversas ferramentas de MCDA, o AHP e suas variações são os mais amplamente utilizados em todas as categorias de desastres. Silva, Doratiotto (2019) e Faria *et al.* (2020) enfatizam que a metodologia SMART se destaca devido à sua consideração abrangente de critérios quantitativos e qualitativos, garantindo uma análise transparente e aprimorando a compreensão dos desafios pelos tomadores de decisão.

Apesar do uso significativo do AHP em problemas de logística humanitária, devido às suas falhas (DYER, 1990) e à lacuna identificada na aplicação do SMART para tais problemas, o uso deste método em nosso estudo, considerando as vantagens apresentadas, seria uma importante contribuição para a popularização deste método no campo da logística humanitária.

3. Metodologia

Este estudo se organiza em duas fases sequenciais. Em primeiro lugar, utiliza-se a Otimização de Pareto para determinar alternativas ótimas para a localização de depósitos de suprimentos de ajuda humanitária, levando em consideração os custos operacionais e a demanda atendida. Na segunda fase, emprega-se uma abordagem de MCDA com o objetivo de selecionar uma alternativa ótima que reflete a preferência dos tomadores de decisão. Um estudo de caso no Estado de São Paulo é utilizado para validar a metodologia. Uma estrutura da metodologia é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura metodológica.



3.1 Otimização de Pareto

Esta seção apresenta um problema de localização bi-objetivo de máxima cobertura projetado para minimizar o custo total ao mesmo tempo em que maximiza a demanda atendida. A utilização deste modelo matemático, com pesos variáveis atribuídos aos objetivos, resulta na geração de uma Curva de Pareto, que é utilizada para identificar as alternativas discutidas na Seção 3.2.

A Tabela 1 exibe os índices, parâmetros e variáveis relacionados ao problema de otimização. Os pontos de demanda correspondem aos 645 municípios no Estado de São Paulo, Brasil. Destes, 15 municípios foram identificados pelos tomadores de decisão como localizações candidatas para depósitos de suprimentos de ajuda humanitária.

Tabela 1: Índices, parâmetros e variáveis.

| Notação | Descrição |
|------------------|---|
| Índice | |
| $i \in I$ | Município (Ponto de demanda). |
| $j \in J$ | Depósito candidato. |
| Parâmetro | |
| k | Peso atribuído ao objetivo de nível de serviço. |
| a | Número de instalações a serem localizadas. |

| | |
|----------------|--|
| f_i | Custo de instalação e operação do local candidato j . |
| t_{ij} | Custo de transporte entre o município i e a localidade candidata j . |
| h_i | Demanda por suprimentos de socorro por município. |
| \hat{d}_{ij} | Índice de não cobertura: 0 se $d_{ij} < D_{max}$ |

| | |
|----------|--|
| Variável | |
| X_j | Variável binária: 1 se o depósito j estiver aberto, 0 caso contrário. |
| Y_{ij} | Variável binária: 1 se o município i estiver atribuído ao depósito j , 0 caso contrário. |

A função objetivo (1) é composta por dois objetivos. O primeiro objetivo é minimizar o custo ponderado pela demanda total entre os nós de demanda e o depósito mais próximo (objetivo de mediana P). O segundo objetivo é maximizar o número de demandas atendidas dentro do tempo especificado (objetivo de cobertura máxima).

$$\min f_j X_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i (k \hat{d}_{ij} + t_{ij}) Y_{ij} \quad (1)$$

As restrições do modelo garantem que: cada município $i \in I$ seja atribuído a um depósito $j \in J$ (2); as demandas do nó $i \in I$ sejam atribuídas ao depósito na localização $j \in J$ apenas se estiver aberto (3); exatamente um certo número de depósitos deve estar aberto (4); espaços de solução para as variáveis de decisão (5) e (6).

$$Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} X_j \leq a \quad (4)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad (6)$$

Para resolver nosso problema de determinação dos depósitos para suprimentos de ajuda humanitária, 15 municípios foram selecionados, cada um representando a cidade mais importante em suas respectivas regiões intermediárias no Estado de São Paulo: Araçatuba, Araraquara, Bauru, Campinas, Marília, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São José dos Campos, São José do Rio Preto, São Paulo e Sorocaba. Além disso, outros quatro municípios foram escolhidos com base em sua população e registros históricos de desastres: Franca, Piracicaba, Santos e São Carlos.

Pareja Yale (2022), depois de analisar a cadeia de suprimentos humanitários no Estado de São Paulo, obteve os valores de custos de transporte baseados nos dados fornecidos pela Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística (NTC & Logística) e Entidades de Transporte Rodoviário de Carga (TRC), para remessas fracionadas (LTL) e cargas completas (FTL), respectivamente. Já para o custo administrativo por depósito aberto, Pareja Yale (2022) considerou-se R\$36.732,00 após dados fornecidos pela Defesa Civil do Estado de São Paulo.

3.2 Abordagem MCDA

Esta seção apresenta uma abordagem de MCDA, especificamente empregando o método SMART, para incorporar *insights* dos profissionais em uma resposta bem-sucedida a desastres. Em nosso estudo de caso, a Defesa Civil do Estado de São Paulo atua como tomadores de decisão e as alternativas avaliadas são as soluções na fronteira de Pareto obtidas na etapa anterior. Os atributos relevantes para o problema foram classificados em componentes de custo e benefício, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição dos critérios.

| Critério | Descrição | Origem |
|--------------------------------|--|----------------------|
| Custos administrativos | Despesas incorridas na operação de depósitos. | Otimização de Pareto |
| Custos de transporte | Despesas incorridas no transporte de suprimentos até os pontos de demanda (custos variáveis). | Otimização de Pareto |
| Demanda atendida | Percentual de pontos de demanda que podem ser atendidos em no máximo seis horas do depósito. | Otimização de Pareto |
| Rede viária | O acesso a estradas bem conservadas é crucial para facilitar uma resposta bem-sucedida a um desastre. | Tomadores de decisão |
| Acesso a fornecedores | Garantir o acesso a fornecedores capazes de entregar suprimentos prontamente e em quantidades suficientes. | Tomadores de decisão |
| Recursos Humanos (RH) | Garantir a disponibilidade de pessoal qualificado melhora a capacidade de resposta durante períodos de elevada procura por suprimentos de socorro. | Tomadores de decisão |
| Proximidade a governo regional | Proximidade física aos tomadores de decisão permitindo comunicação e tomada de decisões mais imediatas. | Tomadores de decisão |

Para avaliar estes critérios em conjunto com as alternativas disponíveis, o método SMART apresenta as etapas descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Etapas do método SMART.

| Etapa | Nome | Descrição |
|-------|--|--|
| 1 | Identificar os tomadores de decisão. | Determinar quem está envolvido no processo de tomada de decisão e quem terá influência sobre o resultado final. |
| 2 | Identificar as alternativas. | Determinar o conjunto de escolhas que podem ser feitas pelos tomadores de decisão. |
| 3 | Identificar os atributos relevantes para a decisão. | Determinar um conjunto de atributos para medir o desempenho das alternativas. Esses critérios devem refletir os objetivos dos tomadores de decisão, além de serem avaliados em uma escala numérica. Em geral, essa etapa envolve estabelecer os principais atributos e depois decompô-los em um nível em que podem ser avaliados. |
| 4 | Medir o desempenho das alternativas com relação aos atributos. | Avaliar o desempenho de cada alternativa com relação a cada atributo, utilizando escalas quantitativas. A tarefa de medir os atributos é facilitada caso seja possível identificar variáveis que podem representá-los. Para medir o desempenho das alternativas em atributos mais difíceis de serem quantificados, utiliza-se <i>direct rating</i> e funções de valor. |
| 5 | Determinar o peso para os atributos. | Designar pesos para cada um dos atributos que refletem sua importância para o tomador de decisão. |
| 6 | Calcular a pontuação ponderada para cada alternativa. | Multiplicar o desempenho das alternativas em cada atributo pelos respectivos pesos associados, obtendo uma pontuação ponderada final. |
| 7 | Tomar uma decisão. | Escolher a alternativa com melhor pontuação final. |
| 8 | Conduzir uma análise de sensibilidade. | Avaliar como diferentes pesos atribuídos aos atributos ou mudanças nas avaliações de desempenho podem afetar a decisão final, possibilitando entender a robustez da decisão em diferentes cenários. |

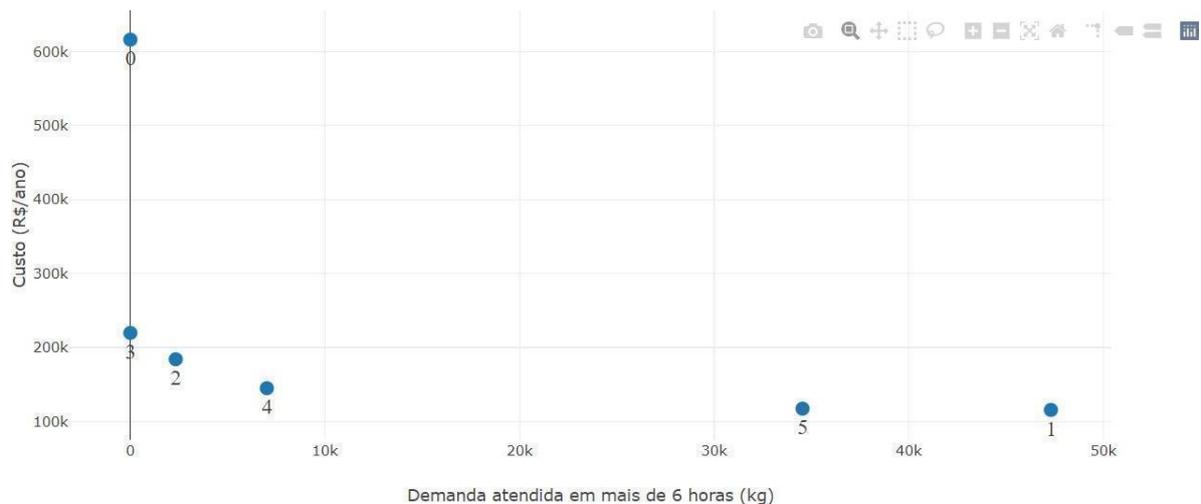
Fonte: Adaptado de Goodwin e Wright (2014).

4. Resultados

4.1 Otimização de Pareto

O modelo de Otimização de Pareto retorna o conjunto de seis alternativas avaliando o trade-off entre custo e demanda atendida em mais de 6 horas. A fronteira de Pareto das alternativas está apresentada na Figura 2.

Figura 2: Fronteira de Pareto – 6 alternativas ótimas.



Percebe-se pela Figura 2 que, para que 100% da demanda seja atendida em menos de 6h (solução 0), o custo total (R\$/ano) assume um valor muito acima da média das demais soluções. Para uma aumento ínfimo na demanda atendida em mais de 6h, tem-se a solução 3 com custo total aproximadamente três vezes menor do que a solução 0. Logo, atender completamente a demanda em menos de 6h exige um custo adicional muito elevado.

Ademais, percebe-se pela Figura 2 que, a partir da solução 4, é necessário aumentar significativamente a demanda atendida em mais de 6h para obter pequenas reduções no custo total. Uma redução de aproximadamente 50% no custo total implica em um aumento de no mínimo 300% na demanda atendida em mais de 6h, conforme pode ser observado ao comparar as soluções 4 e 5.

4.2 Aplicação do método SMART

Primeiramente, na **etapa 1**, os tomadores de decisão (oficiais da Defesa Civil do Estado de São Paulo) foram entrevistados para obter suas preferências e julgamentos. Na **etapa 2**, as alternativas são representadas pelas seis Soluções que estão na fronteira de Pareto na Figura 2, serão utilizadas como as alternativas para o método SMART. Na **etapa 3**, é apresentada a árvore

de valor (Figura 3). O objetivo é escolher o conjunto de locais para depósitos considerando custos e benefícios. O detalhamento dos critérios pode ser visto na Tabela 4.

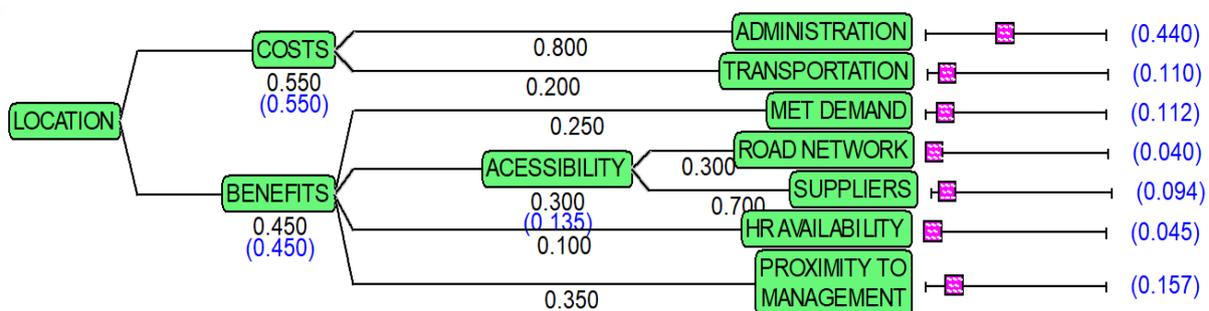
Já na **etapa 4**, as funções de valor são utilizadas para medir a percepção dos tomadores de decisão em relação ao desempenho das alternativas em relação aos critérios definidos. Após a geração dessas funções, mediante entrevista com tomadores de decisão da Defesa Civil, foi possível gerar a Tabela 4, que mostra o desempenho das alternativas em relação a custos e benefícios.

Tabela 4: Desempenho das alternativas para cada critério

| Alternativa | Custos administrativos (R\$/year) | Custos de transporte (R\$/year) | Demanda atendida (%) | Rede viária | Acesso a Fornecedores | RH | Proximidade com governo regional |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|-----|----------------------------------|
| 1 | 550,980 | 65,447 | 100 | 100 | 100 | 0 | 100 |
| 2 | 36,732 | 78,720 | 82 | 20 | 78 | 100 | 25 |
| 3 | 110,196 | 73,819 | 99 | 60 | 14 | 50 | 40 |
| 4 | 146,928 | 72,737 | 100 | 75 | 29 | 20 | 60 |
| 5 | 73,464 | 71,378 | 97 | 35 | 86 | 70 | 30 |
| 6 | 36,732 | 80,436 | 81 | 0 | 0 | 85 | 0 |

Na **etapa 5**, determina-se os pesos de cada atributo (Figura 3). Os valores em preto são os pesos de cada atributo, enquanto os valores em azul são os pesos cumulativos, considerando os múltiplos níveis da árvore de valores.

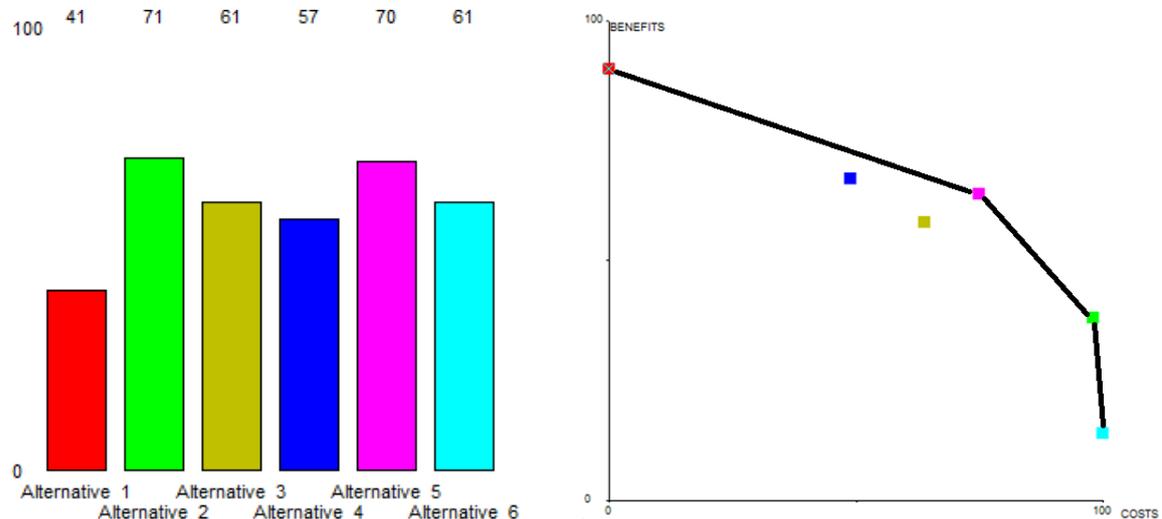
Figura 3: Peso de cada critério - Software V.I.S.A.



A **etapa 6** consiste em calcular a pontuação ponderada de cada critério. Após calcular a média ponderada dos valores atribuídos às alternativas, obtém-se a pontuação final para cada alternativa. Essas pontuações, que podem ser vistas na Figura 4a, e são determinadas

multiplicando o desempenho em cada atributo (exibido na Tabela 4) pelo seu respectivo peso (Figura 3).

Figura 4: Pontuação de cada alternativa e fronteira de eficiência.



(a) Pontuação de cada alternativa.

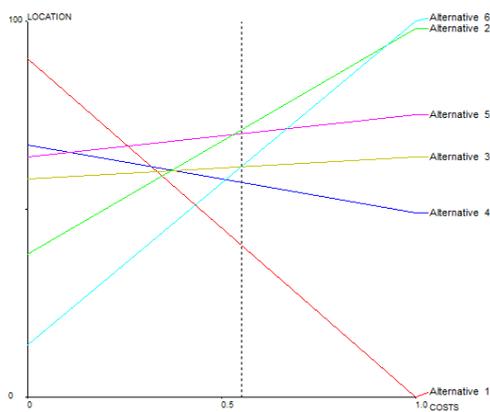
(b) Fronteira de eficiência das alternativas.

Na **etapa 7**, uma solução é proposta. Pela Figura 4a, a decisão seria a alternativa 2 (verde), pois ela possui a pontuação mais alta (71) entre as demais. No entanto, é possível observar que a alternativa 5 é quase tão boa quanto a alternativa 2, já que sua pontuação é 70. As alternativas 3 e 6 também não estão tão distantes (pontuações iguais a 61). Já a alternativa 1 está atrás das demais alternativas, com pontuação de apenas 41.

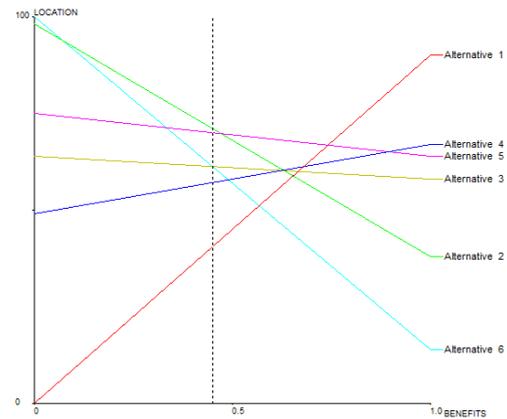
Ainda, ao comparar custos e benefícios, é possível traçar a fronteira de eficiência, como pode ser visto na Figura 4b. As alternativas 3 (azul escuro) e 4 (dourado) são as únicas que não fazem parte da fronteira de eficiência. Portanto, as alternativas 3 e 4, com as pontuações atuais, nunca serão escolhidas. A fronteira de eficiência é delimitada por uma linha preta na Figura 4b.

Na **etapa 8**, foi realizada a análise de sensibilidade com o objetivo de compreender como a melhor alternativa mudaria ao variar os pesos atribuídos aos atributos (GOODWIN; WRIGHT, 2014). Como pode ser visto na linha vertical pontilhada na figura 5a, o peso padrão para custos é 0,55, enquanto o peso padrão para benefícios é 0,45, como pode ser visto na linha vertical pontilhada na figura 5b.

Figura 5: Análise de sensibilidade.



(a) Custos versus localização



(b) Benefícios versus localização

Na figura 5a, se aumentarmos suficientemente o peso para os custos, a melhor alternativa será a alternativa 6 (azul claro). Na direção oposta, se diminuirmos o peso para os custos, haverá um ponto onde será indiferente escolher entre as alternativas 2 (verde) e 5 (rosa). Diminuindo ainda mais do que esse ponto de ruptura, a melhor solução seria a alternativa 1 (vermelho). Uma análise semelhante pode ser feita para a figura 10b. No entanto, como só temos custos e benefícios, a análise é espelhada com a análise já feita para os custos.

5. Conclusões

Neste artigo, desenvolvemos uma metodologia que integra diversas atividades relacionadas à fase de preparação do ciclo de gestão de desastres que inclui a previsão de demanda e a localização do depósito de suprimentos de socorro em São Paulo, Brasil. Foram integrados modelos de Otimização de Pareto e tomada de decisão multicritério, identificando seis alternativas de localização de depósitos de suprimentos de ajuda humanitária. Para decidir qual alternativa é a mais adequada, definimos uma série de atributos que se dividem em custos e benefícios. Os custos foram calculados conforme modelo matemático, enquanto os demais atributos dos benefícios foram definidos pelos tomadores de decisão da Defesa Civil do Estado de São Paulo.

A alternativa 2, que consiste em um único depósito na capital, São Paulo, se mostrou a melhor alternativa. Contudo, observou-se que as preferências dos tomadores de decisão podem influenciar os resultados, tendo em vista que, de acordo com a análise de sensibilidade, ligeiras alterações nos pesos atribuídos poderiam modificar a alternativa escolhida. Apesar da sua

eficácia neste contexto específico, a aplicabilidade da nossa metodologia pode variar em diferentes regiões devido a diferenças geográficas, demográficas e logísticas. Portanto, adaptações e validações adicionais são importantes para garantir sua utilidade e relevância em outros cenários. Isto abre oportunidades para pesquisas futuras destinadas a melhorar e adaptar continuamente esta abordagem, com o objetivo de maximizar a sua utilidade e aplicabilidade na gestão da logística humanitária.

REFERÊNCIAS

ABAZARI, Seyed Reza; AGHSAMI, Amir; RABBANI, Masoud. Prepositioning and distributing relief items in humanitarian logistics with uncertain parameters. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 74, p. 100933, 2021.

ALTURKI, Ibrahim; LEE, Seokcheon. A systematic survey of multicriteria models in humanitarian logistics. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, p. 104209, 2023.

AGARWAL, Sachin; KANT, Ravi; SHANKAR, Ravi. Humanitarian supply chain management frameworks: A critical literature review and framework for future development. **Benchmarking: An International Journal**, v. 26, n. 6, p. 1749-1780, 2019.

BRITO, I.; LEIRAS, A.; YOSHIKAWA, H. A multi-criteria stochastic programming approach for pre-positioning disaster relief supplies in Brazil. **Production**, v. 30, p. e20200042, 2020.

CARLAND, Corinne; GOENTZEL, Jarrod; MONTIBELLER, Gilberto. Modeling the values of private sector agents in multi-echelon humanitarian supply chains. **European Journal of Operational Research**, v. 269, n. 2, p. 532-543, 2018.

DYER, James S. et al. A clarification of remarks on the analytic hierarchy process. *Management science*, v. 36, n. 3, p. 274-275, 1990.

FARIA, Luis Filipe Figueira De et al. A combined approach of multiple-criteria decision analysis and discrete-event simulation: Lessons learned from a fleet composition study. **World Review of Intermodal Transportation Research**, v. 9, n. 2, p. 97-119, 2020.

FERRER, José M. et al. multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 269, n. 2, p. 501-515, 2018.

GENG, Shaoqing; HOU, Hanping; ZHANG, Shaoguang. Multi-criteria location model of emergency shelters in humanitarian logistics. **Sustainability**, v. 12, n. 5, p. 1759, 2020.

GOODWIN, Paul; WRIGHT, George. **Decision analysis for management judgment**. John Wiley & Sons, 2014.

GUTJAHR, W.; NOLZ, P. Multicriteria optimization in humanitarian aid. **European Journal of Operational Research**, v. 252, n. 2, p. 351-366, 2016.

HUANG, Kai et al. Modeling multiple humanitarian objectives in emergency response to large-scale disasters. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 75, p. 1-17, 2015.

HUANG, Michael; SMILOWITZ, Karen; BALCIK, Burcu. Models for relief routing: Equity, efficiency and efficacy. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, v. 48, n. 1, p. 2-18, 2012.

KOVACS, Gyöngyi; MOSHTARI, Mohammad. A roadmap for higher research quality in humanitarian operations: A methodological perspective. **European Journal of Operational Research**, v. 276, n. 2, p. 395-408, 2019.

LAGUNA-SALVADÓ, Laura et al. A multicriteria Master Planning DSS for a sustainable humanitarian supply chain. **Annals of Operations Research**, v. 283, p. 1303-1343, 2019.

MANOPINIWES, Wapee; IROHARA, Takashi. Stochastic optimization model for integrated decisions on relief supply chains: preparedness for disaster response. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 4, p. 979-996, 2017.

MAHTAB, Zuhayer et al. multi-objective robust-stochastic optimization of relief goods distribution under uncertainty: a real-life case study. **International journal of systems science: operations & logistics**, v. 9, n. 2, p. 241-262, 2022.

MAHARJAN, Rajali et al. Mobile logistics hubs prepositioning for emergency preparedness and response in Nepal. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, v. 10, n. 4, p. 555-572, 2020.

NAIN, Aniruddh; JAIN, Deepika; TRIVEDI, Ashish. Multi-criteria decision-making methods: application in humanitarian operations. **Benchmarking: An International Journal**, 2023.

PAREJA YALE, Camila Laura. **Previsão da demanda de suprimentos de socorro com aplicação na localização de depósitos da Defesa Civil do Estado de São Paulo**. 2022. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.

RODRÍGUEZ-ESPÍNDOLA, Oscar. Two-stage stochastic formulation for relief operations with multiple agencies in simultaneous disasters. **Or Spectrum**, v. 45, n. 2, p. 477-523, 2023.

ROH, Saeyeon et al. The pre-positioning of warehouses at regional and local levels for a humanitarian relief organization. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 616-628, 2015.

SHAW, Lipika; DAS, Soumen Kumar; ROY, Sankar Kumar. Location-allocation problem for resource distribution under uncertainty in disaster relief operations. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 82, p. 101232, 2022.

SILVA, Lucas Eric Da; DORATIOTTO, Kaique; VIEIRA, José Geraldo Vidal. Outsourcing or insourcing logistics activities: a Brazilian case study. **International Journal of Integrated Supply Management**, v. 12, n. 3, p. 167-192, 2019.

STARR, Martin K.; VAN WASSENHOVE, Luk N. Introduction to the special issue on humanitarian operations and crisis management. **Production and Operations Management**, v. 23, n. 6, p. 925-937, 2014.

TRIVEDI, Ashish. A multi-criteria decision approach based on DEMATEL to assess determinants of shelter site selection in disaster response. **International journal of disaster risk reduction**, v. 31, p. 722-728, 2018.

TRIVEDI, Ashish; SINGH, Amol. A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. **International Journal of Project Management**, v. 35, n. 5, p. 827-840, 2017.

VAN WASSENHOVE, L. Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. **Journal of the Operational research Society**, v. 57, n. 5, p. 475-489, 2006.

WANG, Yuhong et al. Location analysis of earthquake relief warehouses: Evaluating the efficiency of location combinations by dea. **Emerging Markets Finance and Trade**, v. 56, n. 8, p. 1752-1764, 2020.

YILMAZ, Hafize; KABAK, Özgür. Prioritizing distribution centers in humanitarian logistics using type-2 fuzzy MCDM approach. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 33, n. 5, p. 1199-1232, 2020.

ZHANG, Peiyu et al. A multi-objective distributionally robust model for sustainable last mile relief network design problem. **Annals of operations research**, p. 1-42, 2022.