



LOCALIZAÇÃO DE DEPÓSITO DE SUPRIMENTOS DE ALÍVIO PARA ATENDIMENTO A DESASTRES NO VALE DO PARAÍBA PAULISTA¹

Erica de Oliveira Barbosa | FATEC São José dos Campos

Vera Lúcia Monteiro | FATEC São José dos Campos

Mariana Abrantes Giannotti | Departamento de Engenharia de Transportes | Escola Politécnica
Universidade de São Paulo Irineu de Brito Jr

Irineu de Brito Junior | Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José dos Campos

RESUMO

Este trabalho visa a melhoria do atendimento às vítimas de desastres iniciados por fenômenos naturais através da localização ótima de uma instalação para armazenagem de suprimentos de alívio, que possua infraestrutura e local adequados para estocagem de materiais e que minimize o tempo de atendimento às emergências. Para alcançar este objetivo utilizou-se três ferramentas: um Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas; um modelo de Pesquisa Operacional, que otimiza a distância e tempo de atendimento às populações vitimadas; e, finalmente, uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, onde profissionais que interagem com desastres iniciados por fenômenos naturais cotidianamente atribuem valor de preferência para as possíveis localizações. A instalação pertence ao setor público, apresentando assim uma maneira do Estado aumentar a sua capacidade de resposta e preparação para as catástrofes naturais.

Palavras-chave: Localização de instalações; Desastres; Defesa Civil; Vale do Paraíba; Programação linear

ABSTRACT

This work aims to improve the assistance provided to the victims of disasters initiated by natural phenomena through the optimal location of a facility for the storage of relief supplies, which has adequate infrastructure and place for the storage of materials and which minimizes the time of response to emergencies. To achieve this goal, three tools were used: a Georeferenced Information Processing System; an Operations Research model, which optimizes the distance and time of care for victimized populations; and, finally, a decision-making support tool, where professionals who interact with disasters initiated by natural phenomena on a daily basis attribute preference value to possible locations. The facility belongs to the public sector, thus presenting a way for the state to increase its capacity to respond and prepare for natural disasters.

Keywords: Facility Location; Disasters; Civil Defense; Paraíba Valley; Linear programming

1 XXIV ANPET - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte, Salvador, Bahia, 2010

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, torna-se impreterível a necessidade de uma gestão dos riscos, visto que há uma tendência de aumento na incidência de Desastres iniciados por fenômenos naturais . De acordo com Balcik e Beamon (2008), a média anual do número de desastres vem crescendo bem como o número de pessoas afetadas. Somente em 2008, mais de 20 milhões de pessoas foram deslocadas devido a desastres de caráter súbito ou de longo prazo (ACNUR, 2009). No Brasil, pelo menos 2 milhões de pessoas foram afetadas pelos desastres, principalmente pelas chuvas. Só as chuvas no Estado de Santa Catarina, em novembro de 2008, atingiram 1,5 milhões de pessoas (Agência Estado, 2009).

A falta de uma abordagem sistemática e infraestrutura de apoio para a cadeia de suprimentos humanitária pode impedir que organizações de ajuda avaliem com precisão a sua capacidade de resposta e desempenho. Embora já existam inúmeros estudos sobre problemas de localização de instalações, em termos de teoria e aplicações, ainda são poucos os estudos no contexto humanitário e, diante disto, merecem maior atenção (Balcik e Beamon, 2008).

Decisões de localização de instalações afetam o desempenho das operações de socorro às emergências em desastres, uma vez que o número e a localização dos centros de distribuição e a quantidade de unidades de abastecimento de suprimentos de alívio nele contidos afetam diretamente o tempo de resposta e os custos observados ao longo da cadeia de suprimentos.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta um método de localização onde se busca uma instalação que possua infraestrutura e local adequados para armazenar suprimentos e minimizar o tempo de atendimento às emergências.

A instalação pertencerá ao setor público, sendo esta uma maneira do Estado aumentar a sua capacidade de resposta e preparação para atendimento em situações de desastres iniciados por fenômenos naturais. O ambiente escolhido para aplicação é um dos municípios pertencentes à região administrativa do Vale do Paraíba Paulista.

O objetivo é apresentar uma proposta metodológica para a localização de depósitos de suprimentos utilizados ao atendimento de vítimas de desastres iniciados por fenômenos naturais, em especial vítimas na região administrativa do Vale do Paraíba Paulista.

A metodologia proposta pode ser utilizada por tomadores de decisão que visam o atendimento às situações de emergência, através da obtenção da solução ótima a partir dos parâmetros disponíveis, facilitando a efetividade e implementação dessas operações.

A esta introdução segue uma breve conceituação teórica; metodologia; análise de resultados; e conclusões do trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico são apresentados aspectos que embasam a metodologia proposta.

2.1 DESAFIOS DA LOGÍSTICA HUMANITÁRIA

Os desastres iniciados por fenômenos naturais, em sua maioria, não podem ser evitados. Por outro lado, intervenções e atividades humanas podem minimizar ou agravar os impactos causados por um desastre (Renteria *et al.*, 2021).

Segundo Meirim (2006), as prioridades da Logística Humanitária são: fornecimento adequado de água, comida e abrigo, controlar as doenças infecciosas e oferecer atenção clínica à população afetada. Os suprimentos necessários para que essas necessidades sejam atendidas são chamados de suprimentos de alívio, são elementos básicos para que as pessoas afetadas consigam se estabilizar para recomeçarem suas vidas. De acordo com Lei 12.608 que estabelece a Política Nacional de Defesa Civil (Brasil, 2012), fazem parte desses produtos: (1) água potável e alimentos; (2) material de estacionamento, como barracas, redes, camas, colchões e fogões; (3) roupas e agasalhos; (4) combustíveis, óleos e lubrificantes; (5) material de engenharia e comunicação; e (6) material de saúde.

É importante destacar também algumas das características que apontam grandes desafios à logística humanitária:

- ✓ Infra-Estrutura: Totalmente destruída dificultando assim o acesso, a chegada de recursos e a saída de pessoas.
- ✓ Recursos Humanos: Excesso de pessoas (voluntários) sem treinamento adequado, heróis que agem somente com a emoção, celebridades que só querem aparecer neste momento, pessoas que vão para o local e não conhecem o idioma do mesmo.
- ✓ Materiais: Definição do que é necessário? Para onde deve ser enviado? Acúmulo de doações nas primeiras semanas, pacotes contendo chocolate, roupas e remédios gerando assim desperdícios, avarias devido a ter itens inadequados.
- ✓ Ausência de Processos Coordenados: Informações, pessoas e materiais.

2.2 LOCALIZAÇÃO DE CARÁTER EMERGENCIAL

Balcik e Beamon (2008, tradução nossa), trata sobre a localização de facilidades para atendimento humanitário em caso de desastres súbitos. Ao ocorrer uma catástrofe natural, a procura de grandes quantidades de uma grande variedade de suprimentos ocorre de repente e em enormes quantidades. Este fluxo de recursos coincide com as quatro principais fases da catástrofe, tal como citadas Balcik e Beamon (2008):

- ✓ Avaliação: o mínimo de recursos é necessário para identificar a necessidade em geral;
- ✓ Implantação: a demanda de recursos cresce para atender as necessidades;
- ✓ Operações de sustentação: as operações são sustentadas por um período de tempo e;
- ✓ Reconfiguração: são reduzidas as quantidades de recursos mobilizadas para a área e então encerradas.

A duração de cada fase do ciclo de alívio varia de acordo com as características dos desastres.

No entanto, a velocidade das operações de socorro durante os primeiros dias do desastre afeta significativamente a vida de muitas pessoas ameaçadas. Assim, a capacidade de uma organização humanitária de mobilizar os seus recursos na avaliação e implantação das fases é fundamental para o sucesso da resposta a catástrofes.

Depois de um desastre, a procura de fornecimentos de ajuda muda com o tempo, alguns elementos são necessários imediatamente, enquanto outros itens podem ser segurança fornecida durante as fases posteriores.

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os problemas de localização tratam essencialmente sobre as decisões relativas à quantidade e localização ideal de um ou mais pontos de distribuição de produtos e serviços, mediante a necessidade de suprir, da melhor forma possível, o atendimento a um conjunto de pontos de demanda, distribuídos em um espaço geográfico. Para lidar com análises neste espaço, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são geralmente utilizados pela sua capacidade de manipular dados espaciais (Câmara *et al.*, 2004).

Em problemas de transporte, especificamente, os SIGs são bastante utilizados para manipular dados referentes à malha viária e, nesses casos, a atualização e manutenção das bases de dados passa a ser uma questão crítica (Cunha, 2000). Neste trabalho, no entanto, são exploradas outras

características dos SIGs referentes ao potencial das técnicas de análise espacial que se estendem desde a visualização, comumente explorada por grande parte de usuários de SIG, até a utilização de operações mais sofisticadas, que permitem a investigação de padrões de dados espaciais e a análise de diferentes temas, que possuem como atributo comum a localização (Câmara *et al.* 2004).

Em problemas de localização a utilização e integração de modelos aos SIGs vêm sendo feita há pelo menos dez anos. Lorena *et al.* (2001) integraram um modelo de p-medianas a um SIG. Apesar das restrições tecnológicas da época os autores já consideravam positiva tal integração a partir do teste de eficiência computacional do modelo, variando a quantidade de dados até o máximo de 3280 vértices e 1141 centros, para o caso sem restrições de capacidade.

Especificamente, em problemas de localização para atender situações de emergência decorrentes de desastres iniciados por fenômenos naturais, recentemente, vários trabalhos que utilizam SIG têm sido publicados. Parte desses utiliza informações referentes à rede de transportes (como distância, custo e tempo) e integram o fornecimento dessas informações, via SIG, aos modelos de localização, a exemplo do trabalho de Rawls e Turnquist (2010). Todavia, outro grupo de artigos explora os SIGs de forma similar ao presente trabalho, qual seja, explorando outras informações e temas, que não a malha viária, em busca de contextualizar e fornecer mais informações para a solução destes problemas. Nessas classes estão os trabalhos de Chang e Hsueh (2007) e Chang *et al.* (2007), que utilizam os SIGs para simular áreas de inundação em casos de enchentes como base para localizar pontos de demanda e estimar a quantidade de suprimentos relacionada a esses pontos e o trabalho de Ratick *et al.* (2008) utilizam SIG para gerar mapas de risco e analisar a vulnerabilidade dos locais potenciais para a instalação.

2.4 O MODELO MATEMÁTICO DE LOCALIZAÇÃO

Com base na importância do tempo de atendimento para as questões emergenciais foi utilizado um modelo de Pesquisa Operacional para otimizar a distância/tempo e adequado as restrições estabelecidas.

Situação Problema

A situação problema é localizar uma única instalação I_j , que deve atender a um número de pontos de demanda (x_j) com localizações e volumes conhecidos. O objetivo é encontrar uma localização que a distância/tempo entre o depósito e as populações em vulnerabilidade seja minimizada, desta forma segue a função-objetivo, adaptada dos modelos apresentado por Arenales *et al.* (2007) e Brito Jr *et al.* (2020) e representado por:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} p_j d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

sujeito a :

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad (3)$$

$$d_{ij} \leq \text{distância}$$

$$y \in B^{|I|}, 0 \leq x_{ij} \leq 1, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (4)$$

Onde:

i : quantidade de locais candidatos.

j : quantidade de locais a serem atendidos.

x_{ij} : fração da demanda atendida pela localidade i .

y_j : assume valor 1, se a facilidade é aberta no local i e 0 caso contrário.

d_{ij} : distância de uma facilidade localizada em i ao ponto de demanda j .

p_j : população em risco no ponto de demanda j .

Segundo Netto (2009), a distância entre os pontos x_i e l_j , baseada nas latitudes e longitudes é dada por:

$$d_{ij} = \frac{40030 \times \arccos(\cos(90 - \text{Latitude } X_i) \times \cos(90 - \text{Latitude } l_j) + \sin(90 - \text{Latitude } X_i) \times \sin(90 - \text{Latitude } l_j) \times \cos(\text{Longitude } X_i - \text{Longitude } l_j))}{360} \times k \quad (5)$$

Observação: A aplicabilidade da metodologia para cálculo de distâncias através de latitudes e longitudes é não é recomendável para curtas distâncias (intramunicipal). Para este caso é recomendada a utilização de “grid” linear.

Restrição de distância:

O valor máximo estabelecido à distância para atendimento é de 200 km. Como simplificação, em função da similaridade e condições das vias, o tempo foi considerado como dependente da distância.

O fator K refere-se ao fator de sinuosidade. Conforme Ballou (2006), as distâncias calculadas reduzem a distância real entre dois pontos, pois os veículos não trafegam em linha reta. Em função disso, estas distâncias são ajustadas pelo fator de sinuosidade, ou multiplicador. Quando se usam coordenadas latitude-longitude nas equações do grande círculo para calcular distâncias, os fatores de sinuosidade para as diversas regiões do mundo variam. No caso do Brasil, esse fator é 1,23 (Ballou, 2006, p. 497).

População em risco

Valores de impacto são utilizados em análise qualitativa de projetos para calcular riscos. No entanto, riscos de desastres iniciados por fenômenos naturais envolvem diversos fatores climáticos, físicos e históricos. Foi focado o fator “histórico de ocorrências”, que serviu de base para cálculo dos valores de impacto. A população em risco de um município foi estimada através da população residente multiplicada pelo fator de impacto.

2.5 ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS

O Método de Análise de Processos Hierárquicos (AHP) é uma metodologia cuja idéia básica é decompor um problema de decisão por hierarquias, seguida da síntese pela identificação de relações através da escolha consciente. Quando aspectos qualitativos e quantitativos devem ser considerados, o AHP auxilia na definição de prioridades e escolha da melhor alternativa.

Através deste método podem-se classificar as variáveis segundo uma ordem hierárquica; atribuir valores numéricos aos julgamentos subjetivos à importância relativa de cada variável; e sintetizar os julgamentos, a fim de determinar variáveis que têm maior ou menor prioridade sobre as outras, de forma a agir da maneira mais conveniente para atingir a decisão.

De acordo com Saaty (2004), o AHP é dividido em quatro etapas distintas: estruturação ou decomposição do problema em níveis de decisão; julgamento dos decisores; determinação das prioridades relativas; e verificação da consistência dos julgamentos. Utiliza uma escala de 1 a 9, sendo esta preferível a todas as outras, pois estabelece uma relação entre estímulo e resposta de um avaliador quando submetido a um experimento de comparação de objetos, fornecendo procedimentos matemáticos para decomposição da magnitude dos estímulos.

O Método de Análise de Processos Hierárquicos (AHP) é uma metodologia flexível na tomada de decisão e apresentou vantagens como a avaliação por especialistas realizada de forma individual, agrupando posteriormente os resultados obtidos.

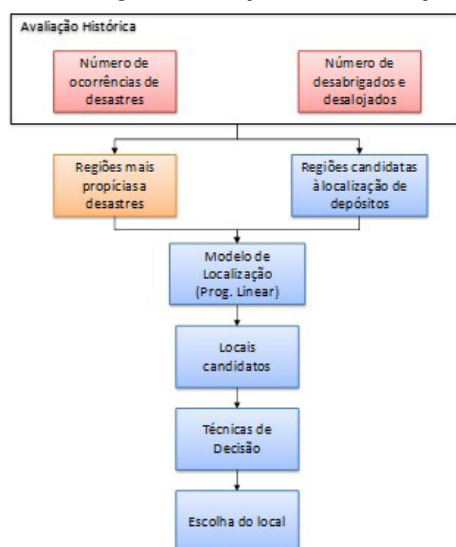
2.5.1 JUÍZO EM GRUPO

Conforme Gomes, Araya e Carignano (2004), em caso de existir mais de um decisor, o valor global de preferência deverá satisfazer a propriedade recíproca, de acordo com a escala da média geométrica, que para ser calculada não importa quem vota primeiro. Apesar de ser uma estimativa tendenciosa, a estatística mostra que é muito mais eficaz que outras estimativas.

3. METODOLOGIA

A metodologia objetiva atuar de forma preventiva e selecionar a melhor localidade para instalação de depósitos de suprimentos básicos para as pessoas afetadas por desastres iniciados por fenômenos naturais. Dentre esses produtos, estão aqueles relacionados ao acesso à alimentação e higiene, que são necessários nos momentos que sucedem as ocorrências. Fazem parte do arcabouço metodológico proposto: a utilização de Sistemas de Informações Geográficas, para a análise espacial das regiões mais propícias a desastres e o levantamento das regiões candidatas; ferramentas de Pesquisa Operacional, para a modelagem do problema de localização; e a Análise Hierárquica de Processos, como técnica apoio à decisão para a escolha dentre os locais candidatos. A Figura 1 apresenta um resumo das etapas envolvidas na metodologia, cujo detalhamento é descrito a seguir.

Figura 1 | Metodologia para Localização de Depósitos de Suprimentos Humanitários.

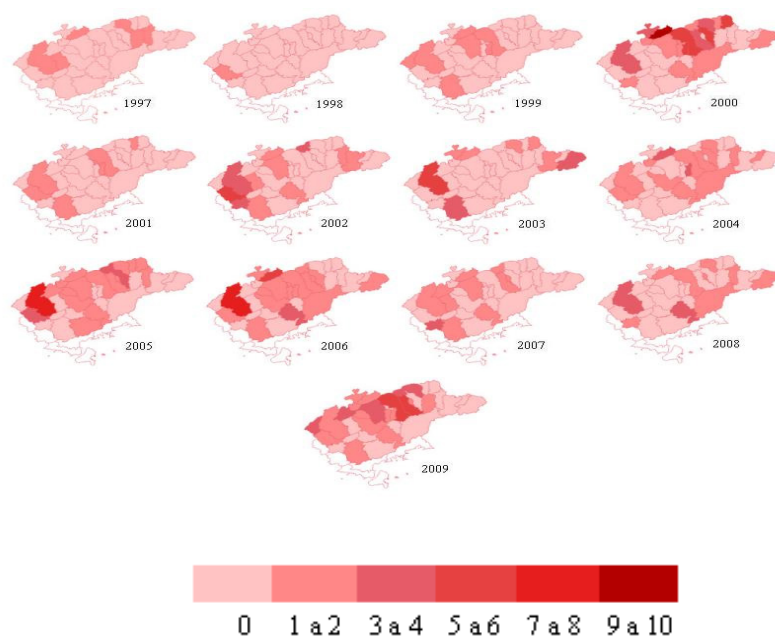


3.1 ANÁLISES ESPACIAIS

Foi obtido, junto à Defesa Civil e Coordenadoria Regional Adjunta de Defesa Civil do Estado de São Paulo, o histórico de ocorrências e o número de munícipes desabrigados e desalojados, em virtude de desastres iniciados por fenômenos naturais, especificamente, alagamentos, enchentes, inundações e deslizamentos que são hoje os de maior incidência na região. As informações foram coletadas no período de verão, nas operações realizadas pela Defesa Civil, visto que esse período é considerado crítico, em virtude do maior número de chuvas e, conseqüentemente do aumento dos desastres na região.

A Figura 2 mostra a representação temática dos dados fornecidos pela Defesa Civil.

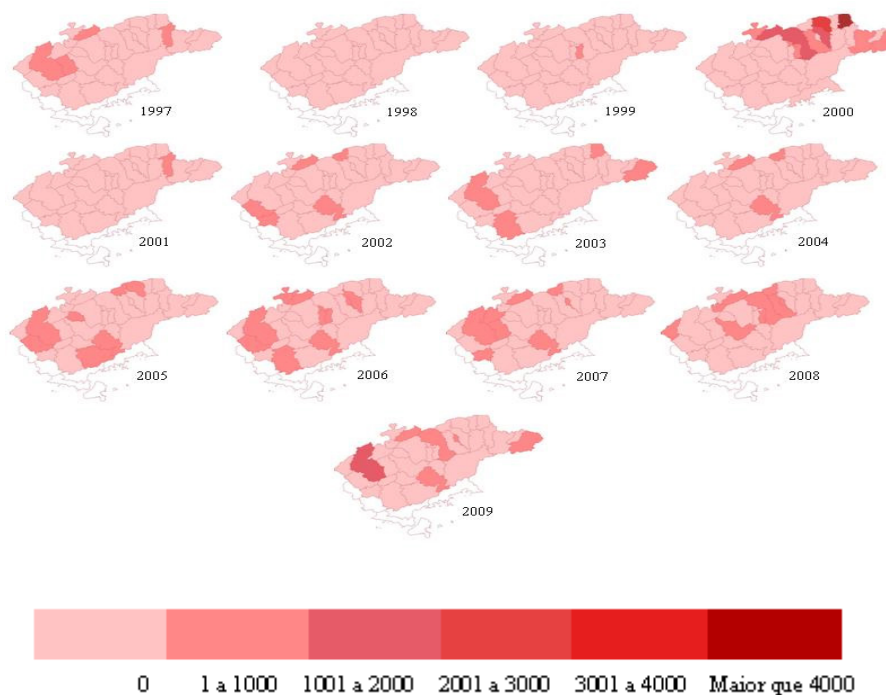
Figura 2 | Distribuição das ocorrências no período de 1997 a 2009.



Dois tendências podem ser observadas a partir da figura: (1) o aumento do número de ocorrências no Vale do Paraíba Paulista em um período de 13 anos, justificando assim a necessidade de ser implantado nesta região um depósito de suprimentos de alívio; e (2) a predominância de algumas regiões.

O número de ocorrências não pode ser considerado isoladamente, pois tais ocorrências podem acontecer sem que existam vítimas e nessa situação a implantação de um depósito não seria justificável. Neste caso, considerou-se, também o número de vítimas desabrigadas e desalojadas. A Figura 3, a seguir, apresenta o mapeamento do pico dos desabrigados mais desalojados.

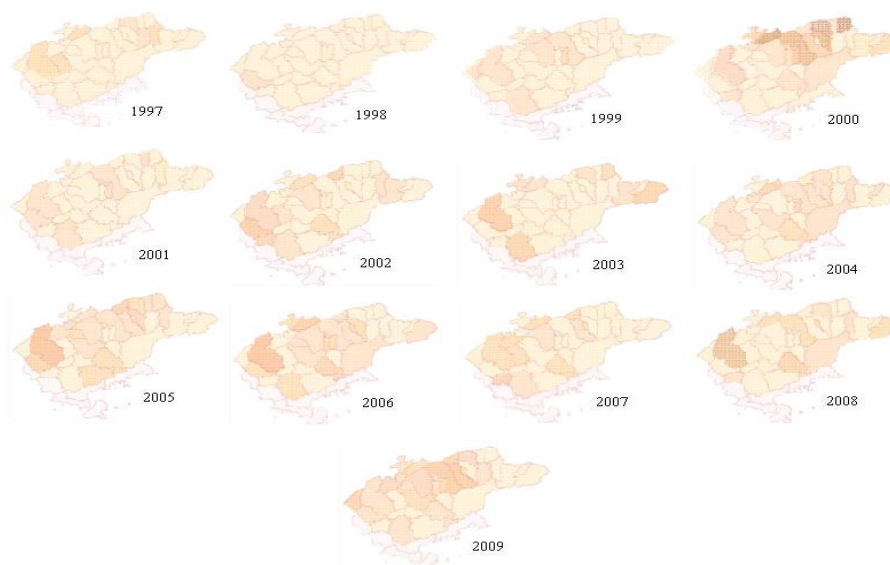
Figura 3 | Distribuição do pico de desabrigados mais desalojados no período de 1997 a 2009.



Pela figura, observa-se que o maior número de desabrigados e desalojados (tons mais escuro) são regiões onde também aconteceu o maior número de ocorrências.


A sobreposição das imagens do número de ocorrências e do número de desabrigados e desalojados pode ser verificada na Figura 4.

Figura 4 | Sobreposição de número de ocorrências e desabrigados mais desalojados



anteriormente, utilizando as classes do Sistema de Informações Geográficas (sobreposição) para as ocorrências e desalojados/desabrigados, conforme tabela a seguir.

Tabela 1 | Valores de impacto atribuídos por número de ocorrências

Muito baixo	0,1	0	
Baixo	0,2	1 a 2	
Moderado	0,4	3 a 4	
Alto	0,6	5 a 6	
Muito alto	0,8	7 a 8	
Altíssimo	1	9 a 10	

Fonte: Adaptado de Monteiro (2008).0,4

Inicialmente, todos os locais foram considerados como candidatos. O modelo foi aplicado através do aditivo CPLEX e o MS Excel® 2010, para a otimização linear e o cálculo das distâncias. Os resultados mostraram que a cidade de Caçapava minimiza a distância/tempo de atendimento a população de risco a todos os locais do Vale do Paraíba Paulista. Caçapava mostrou que é uma localidade estável, pouco sujeita a desastres iniciados por fenômenos naturais. Isso possibilita a escolha dessa região, visto que se o local ótimo estiver numa região de alto risco, o depósito poderá ser inacessível em uma situação de calamidade.

Convém ressaltar que, para este caso, houve uma coincidência do local ótimo com uma região estável, porém o modelo é capaz de escolher dentre diversas regiões que atendem ao critério de estabilidade, qual localidade minimiza das distâncias.

Observa-se que os municípios próximos a Caçapava (Taubaté, São José dos Campos e Tremembé), apesar de não serem local que otimiza a distância, podem proporcionar condições subjetivas favoráveis a localização do depósito, sem existir alteração significativa da distância para atendimento às ocorrências.

3.3 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE APOIO À DECISÃO

A partir do estabelecimento de critérios subjetivos, decidiu-se utilizar ferramentas de apoio a decisão para a escolha definitiva do município. A metodologia escolhida foi a Análise Hierárquica de Processos (AHP), através do software Expert Choice®.

Antes da aplicação foi realizado um questionamento juntos aos responsáveis de Defesa Civil dos municípios da região do Vale do Paraíba Paulista, sobre quais os fatores subjetivos a serem considerados para a localização do depósito, lembrando que o depósito visa atender situações de desastre natural.

Desta forma, foram selecionados os seguintes critérios e subcritérios:

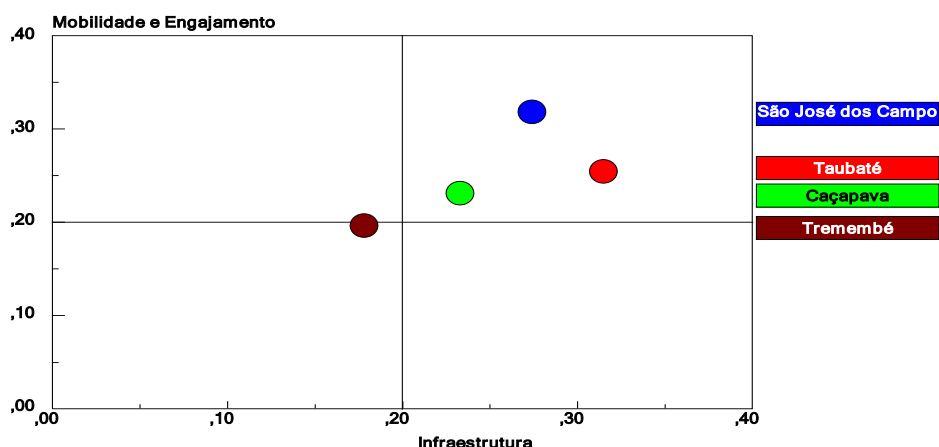
- Infraestrutura: conjunto de elementos que suportam toda uma operação de atendimento, composta de: sistemas viários, equipamentos, tecnologia, etc, desdobrado em:
 - Comunicação: estrutura e capacidade de comunicação do local, seus meios e vias de comunicação.
 - Transporte: disponibilidade e estado de conservação dos meios de transporte.
 - Imunidade: a capacidade que o município possui de enfrentar um desastre natural sem ser afetado.
 - Acesso: disponibilidade de vias de acesso: rodovias, heliponto, aeroportos, etc.
- Mobilidade e Engajamento: é o ato de ajuntar e fazer, tanto equipes, como provisões prontas para a ocorrência. Com comprometimento da equipe.

Em posse desses critérios e subcritérios, elaborou-se um questionário baseado no Método de Análise Hierárquica de Processos, em que foram comparados par a par, conforme a escala fundamental de Saaty, e as respostas foram inseridas no Expert Choice®. Este questionário foi enviado a especialistas em desastres iniciados por fenômenos naturais, ligados a Defesa Civil do Estado de São Paulo e Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos podem ser visualizados, através da figura a seguir, que trata da sensibilidade bidimensional para os quatro municípios, onde se pode ver claramente que três deles satisfazem perfeitamente a necessidade, de acordo com os critérios são os que se encontram no segundo quadrante superior.

Figura 6: Sensibilidade bidimensional para os municípios.



Fonte: Gerado pelo software Expert Choice®.

O valor global de preferência obtido resultou no município de Taubaté como localização. Retoma-se, a imagem do mapeamento feito através do Sistema de Informações Geográficas, onde pode ser visualizado que se trata de uma região de menor incidência de acidentes naturais, está centralizado no “coração” do Vale do Paraíba e às margens da Rodovia Presidente Dutra (BR 116), com acesso para a Serra da Mantiqueira (Rod. Floriano R. Peixoto), o que proporciona fácil acesso para os municípios, além de possuir uma unidade de Batalhão de Polícia Militar do Interior, responsável pela coordenação de Defesa Civil.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A utilização conjunta de análises espaciais; ferramentas para tomada de decisão; e modelos de Programação Linear em problemas logísticos, contribuem de forma positiva na localização de instalações de armazenagem de suprimentos de alívio para atendimento às vítimas de desastres iniciados por fenômenos naturais.

O método proposto neste trabalho enfocou um conjunto de ferramentas que poderá ser utilizado em qualquer país ou região, contribuindo desta forma para a literatura.

O método de análise geográfica se mostrou muito eficiente uma vez que torna mais fácil a visualização das situações voltadas para desastres iniciados por fenômenos naturais no decorrer dos anos e, também pode ser utilizado de outras diversas formas que não foram abordadas nesse

trabalho. A programação linear mostrou-se também eficiente ao trabalhar com 35 municípios e contribuiu para a minimização da distância/tempo e seleção das possíveis localizações, sendo necessários ainda alguns aprimoramentos quanto à suas ponderações, especialmente dos fatores de risco. Por fim, a Análise Hierárquica de Processo contribuiu de forma significativa para a escolha final da localização. Este método se mostrou eficaz principalmente pela possibilidade da aplicação sem a presença simultânea de todos os especialistas consultados, podendo ser realizado através de questionário enviado por meio eletrônico.

Desta forma, considerou a escolha do município de Taubaté como localização ótima e a metodologia utilizada eficiente.

As dificuldades na aplicação; as incertezas e riscos observados; e os resultados obtidos, proporcionaram recursos para uma análise crítica sobre a aplicação do método, seus benefícios, suas limitações e a capacidade em obter benefícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ACNUR. Agências humanitárias pedem comprometimentos máximo quanto aos “choques humanitários” em virtude das alterações climáticas. AGÊNCIA DA ONU PARA REFUGIADOS. p.1. 8 jun. 2009. Disponível em: <<http://www.acnur.org/t3/portugues/noticias/noticia/agencias-humanitarias-pedem-comprometimento-maximo-quanto-aos-choques-humanitarios-em-virtude-das-alteracoes-climaticas>>. Acesso em: 10 de set. 2009.

AGÊNCIA ESTADO. Especialista em desastres naturais da ONU critica o Brasil. O Estado de São Paulo, São Paulo, p.1, 22 jan. 2009. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/vidae/not_vid311350,0.htm>. Acesso em: 10 set. 2009.

ARENALES, M. *et al.* Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BALCIK, B., BEAMON B. M. Facility location in humanitarian relief. International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 11, No. 2, 2008. Disponível em: <<http://faculty.washington.edu/benita/paper20.pdf>>. Acesso em: 09 de set. 2009.

BALLOU, R. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BEAMON, B., Humanitarian relief chains: Issues and challenges, in Proceedings of the 34th International Conference on Computers and Industrial Engineering, San Francisco, CA, 2004 apud BALCIK, B., BEAMON B. M. Facility location in humanitarian relief. International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 11, No. 2, 2008. Disponível em: <<http://faculty.washington.edu/benita/paper20.pdf>>. Acesso em: 09 de set. 2009.

BRASIL Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Poder Executivo, 2012.

BRITO JUNIOR, I. de; LEIRAS, A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. A multi-criteria stochastic programming approach for pre-positioning

disaster relief supplies in Brazil. **Production**, v. 30, n. e20200042, 2020.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; CRUZ, O.G.; CORREA, V. 2004. Análise Espacial de Áreas, Em: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

CHANG, M.-S.; TSENG, Y.-L.; CHEN J.-W. A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. **Transportation Research Part E**, vol. 43, pp. 737-754, 2007.

CHANG, M.-S.; HSUEH, C-F. Developing geographic information system for flood emergency logistics planning. In SCSC: Proceedings of the 2007 summer computer simulation conference, pages 652–659, 2007.

CUNHA, C. B. Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. *Transportes*, v.8, n.2, p.51-74, 2000.

GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisão em cenários complexos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

LORENA, L. A. N.; SENNE, E. L. F.; PAIVA, J. A. C.; PEREIRA M. A. Integração de Modelos de Localização a Sistemas de Informações Geográficas. *Revista Gestão & Produção*, v.8, n.2, p.180-195, ago, 2001.

MONTEIRO, V. L. Projetos em Logística e Transporte. Notas de aula do curso. Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, 2008.

NETTO, L. Cálculo das distâncias entre dois pontos da Terra utilizando a trigonometria esférica. Disponível em: < http://www.members.tripod.com/caraipora/calc_dist_entre_dois_pontos.htm>. Acesso em: 6 set. 2009.

RAWLS, M. A. TURNQUIST, M. A. Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation Research Part B*, v. 44, pp. 521–534, 2010.

RATICK, S.; MEACHAM, B.; AOYAMA, Y. Locating Backup Facilities to Enhance Supply Chain Disaster Resilience. **Growth and Change**, v. 39, n. 4, pp. 642-666. 2008.

RENTERIA, R.; CHONG, M.; DE BRITO JUNIOR, I.; LUNA, A.; QUILICHE, R. An entropy-based approach for disaster risk assessment and humanitarian logistics operations planning in Colombia. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, v. 11, n. 3, p. 428–456, 2021.

SAATY, T.L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill, 1980 apud GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisão em cenários complexos. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SÃO PAULO, Polícia Militar do Estado de São Paulo, Apresenta dados sobre operação verão, São Paulo, SP [s.n.] 2009.