

# Aplicação de Técnicas de Otimização de Fluxo de Redes para Minimizar Custos Associados a Desastres e Inundações

Foco em um Centro de Distribuição para Atender Abrigos

Edison Fernando da Silva Nunes

2024-09-07

## 1. INTRODUÇÃO

A logística humanitária refere-se à organização e coordenação das atividades logísticas envolvidas em operações de ajuda humanitária. É um campo especializado que lida com os desafios enfrentados pelos trabalhadores humanitários, como a entrega rápida de suprimentos essenciais em áreas remotas ou afetadas por desastres. Os desastres resultam de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, que impactam ecossistemas vulneráveis, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. Especificamente, desastres naturais têm consequências drásticas para sociedades, regiões e países, resultando em vítimas fatais, feridos, desabrigados, cidades destruídas e altos custos de reconstrução. No Brasil, um levantamento realizado pelo Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED, 2013) no período de 1991 a 2012 registrou 38.996 desastres naturais, com destaque para os anos de 2010, 2011 e 2012, que concentraram 78% dos desastres registrados. A cada ano, centenas de desastres naturais, como terremotos, enchentes e inundações, ocorrem em todo o mundo. Diversas atividades de logística humanitária, como o transporte de suprimentos, a gestão de estoques, a tecnologia da informação e comunicação, a distribuição eficiente de alimentos, água e abrigos, bem como serviços de saúde e gestão de resíduos, são necessárias. Também pode incluir outras organizações e agências governamentais, a fim de garantir uma resposta eficaz. A logística humanitária enfrenta muitos desafios, como a falta de infraestrutura básica em áreas afetadas, condições climáticas e ambientais adversas, logística precária e questões de segurança. Além disso, há dificuldades em garantir a equidade e o acesso igualitário aos recursos entre as populações afetadas. Nesse contexto, o desastre natural ocorrido durante o mês de maio de 2024 na região sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, devido à chuvas intensas e consequentes inundações, afetou gravemente as regiões dos vales dos rios Taquari, Caí, Pardo, Jacuí, Sinos e Gravataí, além de Porto Alegre pelo rio Guaíba e regiões de Pelotas e Rio Grande pela Lagoa dos Patos. As inundações devastaram áreas urbanas e rurais, resultando em danos significativos como desabrigados e desalojados com grande prejuízo material. Ao todo, 478 municípios foram afetados, com uma população de 2.398.255 pessoas impactadas. As inundações resultaram em 806 feridos, 31 desaparecidos e 182 óbitos confirmados. A partir da coleta de dados de monitoramento já realizados e pela produção prévia de mapas do município de Rio Grande-RS, que indicavam os locais possivelmente afetados pela elevação das águas da Lagoa dos Patos, foi possível tomadas de decisões mais assertivas e maior previsibilidade das ações. Ao longo dos anos, a logística humanitária avançou consideravelmente, com o uso de tecnologias avançadas, como drones e análise de dados, para melhorar a eficiência e a eficácia das operações. Também foi desenvolvida uma rede global de organizações e agências especializadas em logística humanitária para o compartilhamento de conhecimentos e recursos. A logística humanitária desempenha um papel vital na resposta a emergências e desastres, garantindo que os recursos essenciais cheguem às pessoas que mais precisam. Além disso, desempenha um papel importante na recuperação e reconstrução pós-desastre, ajudando a restabelecer infraestruturas básicas e a fornecer apoio contínuo às comunidades afetadas.

## 2. JUSTIFICATIVA

A crescente frequência e severidade dos desastres naturais, como as inundações recentes no Rio Grande do Sul em maio de 2024, evidenciam a necessidade urgente de desenvolver e implementar estratégias eficazes de logística humanitária. Esses eventos sublinham a importância de uma resposta rápida e coordenada para salvar vidas, minimizar danos e apoiar a recuperação das comunidades afetadas. No entanto, os desafios impostos por infraestrutura precária e condições adversas frequentemente dificultam a entrega eficaz de ajuda humanitária. A aplicação de técnicas de otimização de fluxo de redes em operações de socorro pode aprimorar significativamente a distribuição de recursos e serviços de emergência. Essas técnicas não apenas melhoram a alocação eficiente de suprimentos críticos, como também reduzem os custos operacionais envolvidos, garantindo que os recursos limitados sejam utilizados da melhor forma possível. Tecnologias avançadas e uma colaboração estreita entre organizações são essenciais para enfrentar os desafios logísticos em situações de desastre, aumentando a eficácia das operações de emergência. Este estudo visa fornecer ferramentas e conhecimentos práticos para gestores e tomadores de decisão, promovendo maior resiliência e capacidade de resposta em situações de emergência. Ao implementar técnicas de otimização e estratégias logísticas avançadas, espera-se melhorar a prontidão e a eficiência das respostas a desastres, fortalecendo a capacidade das comunidades de lidar com os impactos de eventos extremos e facilitando a recuperação pós-desastre.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo Geral

Aplicar técnicas de otimização de fluxo de redes para minimizar o tempo de atendimento às vítimas de desastres de inundações para o município de Rio Grande - RS, melhorando a eficiência na distribuição de recursos e na alocação de serviços de emergência.

#### 3.2. Objetivos Específicos

1. Mapear a região identificando locais com menor e maior risco de inundações;
2. Desenvolver um modelo de otimização para a localização de abrigos às vítimas de desastres provocados por inundações no município de Rio Grande - RS;
3. Desenvolver um modelo de roteamento para a entrega dos principais suprimentos (alimentos, remédios e roupas).
4. Realizar simulações para os dois modelos apontando a solução ótima.
5. Propor recomendações para estratégias de logística humanitária baseadas nos resultados obtidos.

### 6. METODOLOGIA

O trabalho proposto, segundo (Pizzolato, 2012), seguirá a metodologia básica da Pesquisa Operacional, passando pela identificação do problema, a formulação de um modelo matemático utilizando hipóteses simplificadoras, a resolução do modelo, a validação dos resultados e posteriormente o oferecimento de propostas para implementação. Exemplos de formulações matemáticas para o problema, sobretudo na busca por respostas, para minimizar danos causados por desastre natural, que constitui o tema principal deste trabalho encontram-se relacionados abaixo.

#### 4.1. Tipos de Metodologia

##### 4.1.1. O modelo da P-Mediana

Para o número ótimo e localização dos abrigos, pretende-se utilizar o modelo das P-Mediana. Nesse modelo p-mediana procura-se minimizar a distância média, ou seja, minimizar a soma das menores distâncias dentro de uma região, determinando a localização ideal de (p) instalações (abrigos) de forma que a demanda total desta área seja atendida de maneira eficiente. Esses problemas são comumente aplicados em contextos de planejamento urbano, logística de distribuição, e situações de resposta a emergências, onde a meta é reduzir o tempo ou o custo de transporte entre os centros de distribuição e os abrigos. A solução do problema envolve

escolher (p) locais de um conjunto de possíveis locais de abrigos para que a soma das distâncias ponderadas (baseadas na demanda) dos centros de distribuição até as instalações mais próximas seja minimizada. Sejam  $N=\{1,\dots,n\}$  o conjunto de pontos de demanda;

$$i \in N$$

um determinado cliente ou vértice;

$$j \in N$$

uma instalação em potencial ou mediana; p o número de instalações de serviço ou medianas a serem localizadas;

$$w_i$$

o peso ou importância de cliente i;

$$[d_{ij}]_{n \times n}$$

a matriz simétrica de distâncias de cada cliente i à instalação j, com

$$d_{ii} = 0, \forall i; [x_{ij}]_{n \times n}$$

a matriz simétrica de distâncias de cada cliente i à instalação j, com

$$d_{ij}$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} w_{ij}$$

Cuidar o tempo verbal, procurar escrever todo texto no mesmo tempo verbal.

#### 4.2.2.. O Modelo para o Roteamento de Veículos

Os problemas de roteamento de veículos (PRV) consistem basicamente em determinar rotas para realizar algum tipo de serviço, de maneira que o custo seja mínimo. Resolver um PRV significa procurar a forma de distribuir a um ou mais veículos uma determinada lista de compromissos de entrega, associados a determinados pontos, devendo os veículos retornar ao ponto de origem ao final do trabalho. A formulação matemática para um Problema de Roteamento de Veículos (PRV) é apresentada abaixo:

**DIGITAR NA SEQUÊNCIA O QUE ESTÁ COLOCADO ABAIXO**

Onde: Definir cada termo

4.3. Simulação e Análise Os modelos serão simulados usando dados reais das inundações de 2024 no município de Rio Grande - RS, focando na eficiência de distribuição e na redução de custos operacionais. Testes de sensibilidade serão realizados para avaliar diferentes cenários.

## 5. CONCLUSÃO RESULTADOS ESPERADOS

Aqui precisa um pouco de mais blá, blá, .... que iremos construir. Este projeto busca contribuir para a logística humanitária ao aplicar modelos de p-medianas e técnicas de roteamento para diminuir os tempos de atendimentos às vítimas de inundações no município de Rio Grande – RS, tanto no que se refere ao local mais próximo que servirá de abrigo como ao abastecimento de cada abrigo com suprimentos.

5. CRONOGRAMA Etapas 1º trim. 2024 2º trim. 2024 3º trim. 2024 4º trim. 2024 1º trim. 2025 2º trim. 2025 3º trim. 2025 4º trim. 2025

Revisão Bibliográfica

Submissão de artigo da disciplina de Seminários em Ambientometria

Estudos dos Modelos

Desenvolvimento dos Modelos

Conclusões

4.1. Coleta de Dados Dados meteorológicos, relatórios dos últimos desastres e informações sobre infraestrutura do município serão coletados para análise.

4.2. Desenvolvimento do Modelo Serão utilizados modelos matemáticos para a localização dos abrigos e para a entrega de suprimentos. Estes modelos serão alimentado com variáveis como: quantidades de suprimentos, veículos disponíveis, rotas de transporte e demanda por serviços de emergência.