



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Localização Cartográfica dos Centros de Distribuição da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina: Um Estudo de Caso Para Situações de Desastres Naturais

Patrícia Cini

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC

Ricardo Villaroel Dávalos

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - UFSC

Resumo: De janeiro a abril de 2022 o Brasil gastou mais de R\$ 72 bilhões com desastres naturais. Dentre os estados mais afetados está, em quarto lugar, Santa Catarina. Compete à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC-SC) atuar de forma a reduzir os riscos de desastres e minimizar os danos sofridos pela população. Para isso, uma ação importante consiste no fornecimento de materiais de primeira necessidade para os atingidos. Como o processo deve ser ágil, o estabelecimento de uma logística humanitária eficiente torna-se imprescindível, assim como a distribuição de recursos em pontos estratégicos. Neste sentido, o artigo tem como objetivo determinar, de forma integrada, a localização otimizada e a representação cartográfica dos centros de distribuição da defesa Civil de Santa Catarina, utilizando o método da p-mediana e modelagem em linguagem Python.

Palavras-chave: Logística Humanitária, Otimização, p-mediana, Linguagem *Python*.

Cartographic Localization of Santa Catarina's Civil Defense Distribution Centers: A case study for natural disaster situations

Abstract: From January-to-April on this year, Brazil spent R\$ 72 billion on natural disasters. Among the affected states, Santa Catarina appears in 4th. National Secretary of Civil Defense (SEDEC-SC) is responsible to reduce the risks of disasters and minimize the damage suffered by the population. For this, an important action is to supply essential materials to the affected. As the process must be agile, the local infrastructure of efficient humanitarian logistics becomes essential, as the distribution of resources at strategic points. So, the article aims to determine, in an integrated way, the optimized location and the cartographic representation of the Santa Catarina civil defense distribution center, using the p-median method and modeling in Python language.

Keywords: Humanitarian Logistics, Optimization, p-median, Python Language.

1. Introdução

De acordo com Castro (2012), desastres são resultados de eventos adversos sobre um ecossistema causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

De acordo com o Banco de Dados de Desastres Internacionais (EM-DAT, apud SILVA, 2011, p.12), houve um aumento de mais de 1.000% na quantidade de desastres naturais reportados entre 1991 e 2009. Em virtude das mudanças climáticas e da aceleração da ocupação humana em áreas de risco, é esperado que esse crescimento ocorra na ordem de cinco vezes nos próximos cinquenta anos (THOMAS e KOPCZAK, 2005).

Só no Brasil, segundo IBGE, entre 2008 e 2013, 40,7% dos municípios foram atingidos por desastres desse tipo e, em 2017, mais da metade dos municípios brasileiros (59,4%) não contavam com instrumentos de planejamento e gerenciamento de riscos.

Além do aumento no número de eventos, também há aumento na magnitude dos seus impactos e a tendência é que mais pessoas sejam afetadas ao longo do tempo. De acordo com Ritchie e Roser (2019), em média 60.000 pessoas morrem por ano em virtude de desastres naturais.

Com base em um levantamento realizado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), quase 8 milhões de brasileiros foram afetados por catástrofes ambientais nos três primeiros meses de 2022. Dentre as principais adversidades enfrentadas destacam-se as secas e estiagens, responsáveis por 40% dos danos, seguidas das fortes chuvas, enxurradas, inundações e alagamentos, que somadas representaram 15,7% das ocorrências, e dos vendavais e deslizamentos que corresponderam a 3,2 e 1,3%, respectivamente.

Conforme exposto por Begnini et al (2017), dentre os estados mais afetados pelos desastres naturais no Brasil está Minas Gerais, com 8 mil eventos ao longo dos primeiros meses de 2022, seguido por Bahia, Paraíba e Santa Catarina, que totalizaram 14 mil anormalidades. Entre 1991 e 2010, Santa Catarina registrou 12,2% de todas as catástrofes ocorridas no Brasil, ocupando terceiro lugar no ranking nacional.

Além de todos os danos sofridos e pelas vidas afetadas e/ou perdidas, há também o problema econômico. Uma pesquisa realizada pela CNM revelou que os prejuízos causados pelos desastres naturais no Brasil atingiram um recorde anual de mais de 72 bilhões de reais apenas entre janeiro e abril de 2022. Ao longo de todo ano de 2021 o valor dispendido foi de R\$ 60,3 bilhões e de 2013 a 2022 o somatório ultrapassa R\$ 341,3 bilhões.

Com a crescente ocorrência de catástrofes e dos seus impactos econômico e social, necessita-se de repostas mais rápidas e de esforços de ajuda humanitária melhor coordenados para fornecer à população em crise a ajuda que precisam (ERGUN et al., 2007). Assim, uma logística rápida, ágil e flexível é capaz de reduzir impactos e salvar vidas.

A Logística Humanitária (LH) é definida por Silva (2011) como sendo o processo de planejar, implementar e controlar de forma eficiente o fluxo e o armazenamento de bens, materiais e informações do ponto de origem até o ponto de consumo, objetivando aliviar o sofrimento de pessoas em situações de vulnerabilidade. Seu papel é imprescindível na mitigação das perdas humanas e materiais, já que visa proporcionar atendimento rápido e eficiente às áreas atingidas.

Em Santa Catarina, é de responsabilidade da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) atuar de forma a reduzir os riscos de desastres e minimizar os danos sofridos pela população. Dentre suas ações, está o fornecimento de materiais de primeira necessidade aos atingidos.

Para assegurar que essa distribuição ocorra de forma rápida, existem centros de distribuição dispostos em localidades estratégicas e que atuam no armazenamento de itens de primeira necessidade. A SEDEC-SC conta, atualmente, com 3 centros de distribuição alocados nas microrregiões de Rio do Sul (município de Rio do Sul), Florianópolis (em São

José) e Joaçaba (em Joaçaba). Contudo, como as demandas variam ao longo do tempo, é necessário realizar estudos para ratificar se as alocações dos centros de distribuição ainda correspondem aos melhores locais para suas respectivas instalações.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo determinar, de forma integrada, a localização otimizada e a representação cartográfica dos centros de distribuição de itens de primeira necessidade ao longo das microrregiões do estado de Santa Catarina. Para isso, serão utilizados registros de ocorrências de desastres ocorridos nesse estado, entre 2013 e 2019, para quatro cenários pré-definidos.

No intuito de estender a análise feita a outras regiões do Brasil, buscou-se desenvolver uma metodologia genérica, fazendo uso de uma ferramenta computacional de tecnologia livre. Optou-se por utilizar o Python, uma vez que permite realizar as análises de forma rápida e eficiente, por meio de uma linguagem *Open-Source* altamente moldável e que conta com uma vasta gama de bibliotecas para exercer funções específicas.

O trabalho estará dividido em cinco seções, a iniciar pela introdução, que serve para contextualizar o tema geral, descrevendo o problema que pretende solucionar e o objetivo de sua realização. A segunda seção traz uma revisão teórica, visando breve apresentação das principais fontes, obras e referências consultadas, relacionadas ao tema da pesquisa. A terceira parte compreende a metodologia e nela serão explicadas as etapas de desenvolvimento do trabalho. A quarta parte será destinada ao estudo de caso e aos resultados alcançados e, na quinta parte, serão apresentadas as conclusões obtidas.

2. Referencial Teórico

Nesta seção serão apresentadas as principais fontes, obras e referências consultadas, relacionadas ao tema da pesquisa.

2.1. Logística Humanitária

De acordo com a Federação Internacional da Cruz Vermelha (apud LEIRAS, 2017, p.28):

“Logística Humanitária consiste de processos e sistemas envolvidos na mobilização de pessoas, recursos e conhecimentos para ajudar comunidades vulneráveis afetadas por desastres naturais ou emergências complexas. Ela busca a pronta resposta, visando atender o maior número de pessoas, evitar a falta e o desperdício, organizar diversas doações e, principalmente, atuar dentro de um orçamento limitado”.

Conforme Nogueira (2012), a Logística Humanitária compreende o uso efetivo dos conceitos de logística, adaptados às especificidades da assistência humanitária, com intuito de minimizar ações de improvisação comuns nessas ocorrências e de maximizar a eficiência e o tempo de resposta à situação de emergência.

2.2. Localização de Instalações

Para Lobo (2003), problemas de localização de instalações consistem em determinar o lugar ótimo para implementar ou ampliar uma instalação utilizando modelos matemáticos adequados. Segundo Arenales (2007), a localização de instalações é um aspecto crítico do planejamento estratégico de empresas privadas e públicas, visto que envolve decisões sobre localização de centros de saúde, escolas, fábricas, armazéns e centros de distribuição.

Assim, de acordo com Garcia (2015), decidir onde e como alocar uma instalação em locais geográficos envolve a utilização de recursos e ações estratégicas de diversas organizações, uma vez que uma instalação mal planejada pode incorrer em prejuízos e até na não consecução dos objetivos pré-estabelecidos. De encontro a isso, Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012) afirmam que no mundo atual a utilização de métodos de localização visa a obtenção de vantagens econômicas, a minimização do tempo e o bem-estar do homem.

No que tange a Logística Humanitária, a localização de facilidades através de um modelo apresenta um enfoque no planejamento estratégico de operações de pré e pós desastre natural, fazendo-se importante para um gerenciamento de desastres eficaz e eficiente (BOONMEE; ARIMURA e ASADA, 2017, p. 485-498).

Para a execução das análises propostas nesse artigo, utilizou-se o modelo de localização de instalações definido como p-mediana.

2.3. Método das p-Medianas

A p-mediana é um estudo que busca demonstrar onde localizar instalações de forma a minimizar a soma das distâncias entre elas e os pontos de procura, alocando-as o mais próximo possível da demanda (DIAS, 2005, p.64).

Segundo Pizzolato, Raupp e Alzamora (2012), esse é o modelo matemático mais conhecido associado ao problema de localização de instalação. O objetivo desse método é definir a localização de p instalações (medianas) em uma rede de n nós, minimizando a soma ponderada das distâncias entre cada nó, centrados em cada vértice ou centroide, e a instalação mais próxima.

Para Garcia (2015), o modelo é representado da seguinte forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} w_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1; i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{jj} = p$$

$$x_{ij} \leq x_{jj}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

Sendo que:

i = centros consumidores a serem atendidos;

j = possibilidade de localização dos centros de distribuição;

x_{ij} = centro consumidor i que é atendido pelo centro de distribuição j ;

w_i = pesos (importâncias) dos centros consumidores;

d_{ij} = distância do centro consumidor i ao centro de distribuição j ;

p = número de facilidades (medianas) a serem instaladas.

A função objetivo (1) representa a minimização das distâncias ponderadas (multiplicação do peso w_i pelas distâncias d_{ij} entre consumidores e distribuidores). Já as restrições (2) garantem que cada consumidor seja alocado a somente um centro de distribuição; determinam a quantidade de centros de distribuição a serem instalados; definem que cada centro consumidor seja alocado apenas aos nós escolhidos como medianas e, por fim, que a variável seja binária, assumindo valor de 1 caso o centro de distribuição j atenda o centro consumidor i ou 0, caso contrário.

Neste artigo, adaptou-se o modelo da p-mediana para determinar a localização dos centros de distribuição da SEDEC-SC e atribuir a cada um deles as respectivas microrregiões de atendimento.

2.4. Python

Python é uma linguagem de programação criada pelo holandês Guido Van Rossum, em 1991. De acordo com Rocha (2020), tal linguagem ficou conhecida por ser versátil, com ênfase na legibilidade do código e por ter uma abordagem que permite aos programadores desenvolver algoritmos melhor estruturados.

Para Silva (2018), a escolha da linguagem Python ocorre em virtude de ser fácil e dedutiva; de uso gratuito; com código fonte aberto e disponível para todos os usuários; compatível com os principais sistemas operacionais; interpretada e de alto nível, com programação orientada a objetos; e por permitir a importação de subprogramas (módulos).

Conforme Rocha (2020), Python utiliza uma sintaxe simples, que permite explorar recursos complexos de linguagens mais complicadas (como Java e C++) com uma dificuldade reduzida. Essa praticidade permite que seja mais intuitivo programar nessa linguagem, e que, com conhecimentos básicos, seja possível automatizar inúmeros processos. Por se tratar de uma linguagem popular, existem diversas bibliotecas disponibilizadas gratuitamente por outros desenvolvedores, que possibilitam executar funções elaboradas. Sua extensão permite executar operações integradas com outras linguagens de programação (*cross-language*) e é suportado por diversas plataformas, como Windows, Linux e Macintosh.

O modelo matemático sugerido neste artigo foi implementado em linguagem Python, e utilizou-se o ambiente do Google Colaboratory, mais conhecido como Colab, para seu desenvolvimento.

3. Metodologia

A metodologia adotada neste artigo pode ser considerada, de acordo com Miguel (2007), como um estudo de caso empírico, em que um determinado fenômeno é investigado dentro de um contexto real da vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o seu contexto são indefinidas. As etapas utilizadas ao longo do estudo estão ilustradas na Figura 1.



Inicialmente realizou-se um estudo bibliográfico sobre a logística humanitária. Também foram pesquisados trabalhos acadêmicos relacionados à aplicação desse tema em situações de desastres naturais ocorridos em Santa Catarina e à aplicação do problema das p-medianas dentro do contexto da logística humanitária.

Seguidamente os dados referentes ao número de ocorrências de desastres naturais em Santa Catarina foram coletados na SEDEC-SC, referentes ao período de 2013 a julho de 2019, e continham as seguintes informações: número mensal de ocorrências de desastres naturais por município e por microrregião, quantidade de itens solicitados, quantidade de itens atrelados a cada ocorrência e valor dispendido.

Para a modelagem do problema de localização de facilidades foi utilizado o método das p-medianas otimizado e o mesmo foi implementado na linguagem Python.

Executou-se o modelo considerando 4 cenários distintos e representou-se os centros de distribuição cartograficamente. Os resultados obtidos foram analisados e comparados tanto entre si quanto em relação ao cenário vigente no estado.

4. Estudo de Caso

4.1 Descrição

Para utilizar o método das p-medianas na definição da localização de uma quantidade pré-determinada de centros de distribuição optou-se por trabalhar com as 20 microrregiões do estado de Santa Catarina. No entanto, para construção do modelo fez-se necessária a distância entre a localização do possível centro de distribuição e o centro consumidor. Assim, definiu-se que o município com maior número de habitantes de cada microrregião (de acordo com o censo do IBGE de 2010) serviria para representá-la, podendo alocar um centro de distribuição.

A fim de simplificação do modelo, o município representante assumiu toda área, número de habitantes e o número de ocorrências de desastres naturais da sua respectiva microrregião.

4.1.1 Definição de Cenários

Para a modelagem do problema foram considerados 4 cenários distintos, sendo eles:

- a) Cenário 1: Determinação da localização de 3 centros de distribuição ($p=3$), considerando o número de ocorrências;
- b) Cenário 2: Determinação da localização de 3 centros de distribuição ($p=3$), levando em consideração a quantidade de itens solicitados e a densidade demográfica de cada microrregião;
- c) Cenário 3: Determinação da localização de 4 centros de distribuição ($p=4$), considerando o número de ocorrências;
- d) Cenário 4: Determinação da localização de 4 centros de distribuição ($p=4$), levando em consideração a quantidade de itens solicitados e a densidade demográfica de cada microrregião.

Como o cenário real da SEDEC-SC consistia na localização de 3 centros de distribuição, análise feita pelos cenários 1 e 2 também serve para validar a localização de tais centros.

4.1.2 Atribuição dos Pesos

Para os cenários 1 e 3, definiu-se que os pesos seriam o número total de ocorrências de desastres naturais de cada microrregião, entre 2013 e 2019.

Já para os cenários 2 e 4, estabeleceu-se que os pesos considerariam a quantidade total de itens solicitados e a densidade demográfica de cada microrregião, visto seu impacto na proporção de pessoas atingidas pelos desastres.

Como os dois parâmetros mencionados possuíam escalas diferentes, foi necessário transformar o número absoluto em percentual de forma a poder utilizá-los em conjunto. Assim, para cada microrregião a ser atendida considerou-se peso de 50% para a quantidade de itens solicitados no período analisado, e de 50% para o percentual de densidade demográfica, obtendo-se a expressão (3):

$$w = DD * 0,5 + Q * 0,5 \quad (3)$$

Onde:

Q = Quantidade de itens solicitados no período analisado;

DD = Densidade demográfica

A partir disso obtiveram-se os pesos para cada cenário, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Pesos por Cenário

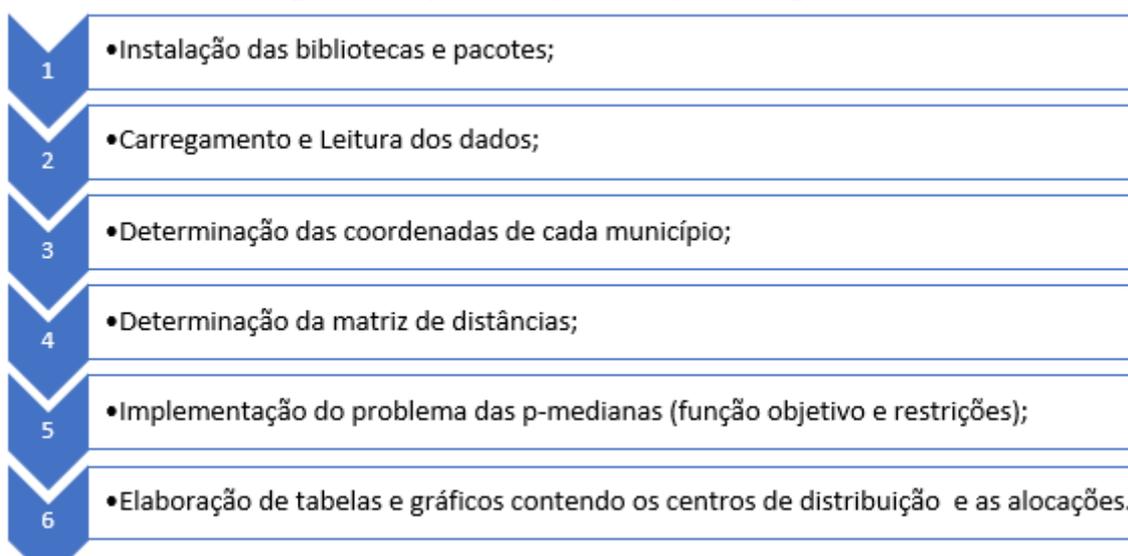
Microrregião	Município Representante	Pesos Cenários 1 e 3	Pesos Cenários 2 e 4
Araranguá	Araranguá	07	0,16
Blumenau	Blumenau	15	0,24
Campos de Lages	Lages	17	0,22
Canoinhas	Canoinhas	36	0,53
Chapecó	Chapecó	08	0,21
Concórdia	Concórdia	01	0,06
Criciúma	Criciúma	11	0,31
Curtibanos	Curtibanos	06	0,16
Florianópolis	Florianópolis	04	0,56
Itajaí	Itajaí	05	0,54
Ituporanga	Ituporanga	08	0,08
Joaçaba	Caçador	04	0,39
Joinville	Joinville	11	0,54
Rio do Sul	Rio do Sul	48	0,47
São Bento do Sul	São Bento do Sul	11	0,22
São Miguel do Oeste	São Miguel do Oeste	04	0,16
Tabuleiro	Alfredo Wagner	02	0,02
Tijucas	Tijucas	00	0,06
Tubarão	Tubarão	02	0,26
Xanxerê	Xanxerê	04	0,06

Fonte: Adaptado de CATRIB e DÁVALOS (2021b)

4.2 Implementação do Modelo em Python

O modelo foi implementado por meio da Linguagem Python, utilizando o ambiente do Google Colaboratory. As etapas utilizadas para o desenvolvimento do modelo otimizado estão representadas na Figura 2.

Figura 2: Etapas da implementação do Algoritmo



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A primeira etapa consistiu na importação e na instalação de pacotes e bibliotecas, tais como: Pandas (para leitura do arquivo em excel), Geopandas (busca pelas coordenadas geográficas), requests (para buscar as informações de distância entre municípios), numpy (para visualizar a matriz de distâncias), pyomo.environ (para utilizar o modelo da p-

mediana), instalação do solver glpk (para solucionar o problema da p-mediana), plotly (para gerar os mapas), json e geojson (para trabalhar com os arquivos em json).

Em seguida é realizado o carregamento e a leitura dos dados a partir de uma planilha em excel que contém: nome das microrregiões, nome dos municípios, pesos e número de ocorrências.

A determinação das coordenadas de cada município ocorre de forma automática, utilizando o gpd.tools.geocode e o geolocalizador Nominatim. A determinação da matriz de distâncias ocorre também de forma automática, utilizando o Bing Maps API. De posse da matriz, implementou-se a função objetivo e as restrições referentes ao modelo das p-medianas, fazendo uso do pyo.ConcreteModel. Para solucionar o problema, utilizou-se o solver glpk. Os resultados obtidos foram duas listas, uma contendo as medianas e outra contendo as alocações, reescritas em forma de tabela para permitir melhor visualização.

Para elaboração dos gráficos coropléticos fez-se uso do Pyplot e foi necessário utilizar um arquivo do tipo JSON contendo todas as microrregiões de Santa Catarina com suas respectivas coordenadas (adaptado pelos autores dos arquivos disponibilizados pelo API do IBGE).

4.3 Análise dos Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos para cada cenário proposto.

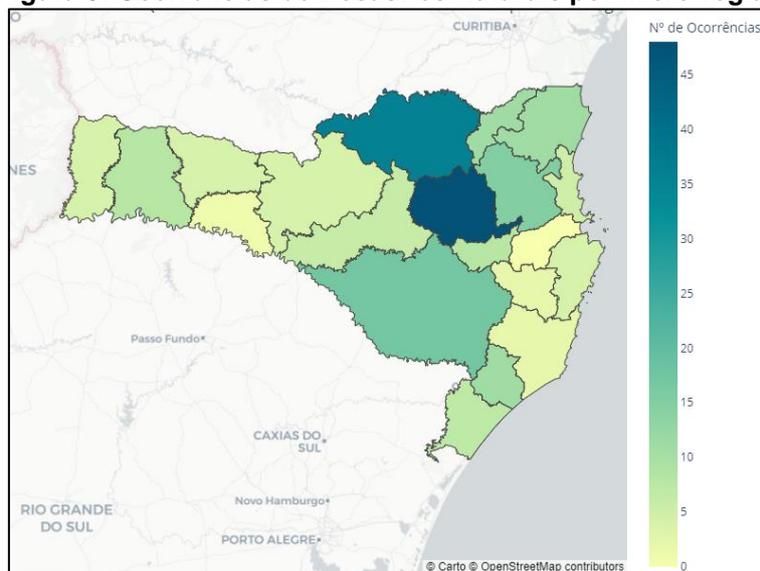
4.3.1. Matriz de Distâncias

Obteve-se, por meio da implementação do programa em Python, uma matriz contendo as distâncias entre cada um dos 20 municípios representantes.

4.3.2. Representação Cartográfica

Obteve-se a representação cartográfica referente a quantidade de ocorrências de desastres naturais para cada microrregião analisada, conforme Figura 3.

Figura 3: Ocorrências de Desastres Naturais por Microrregião

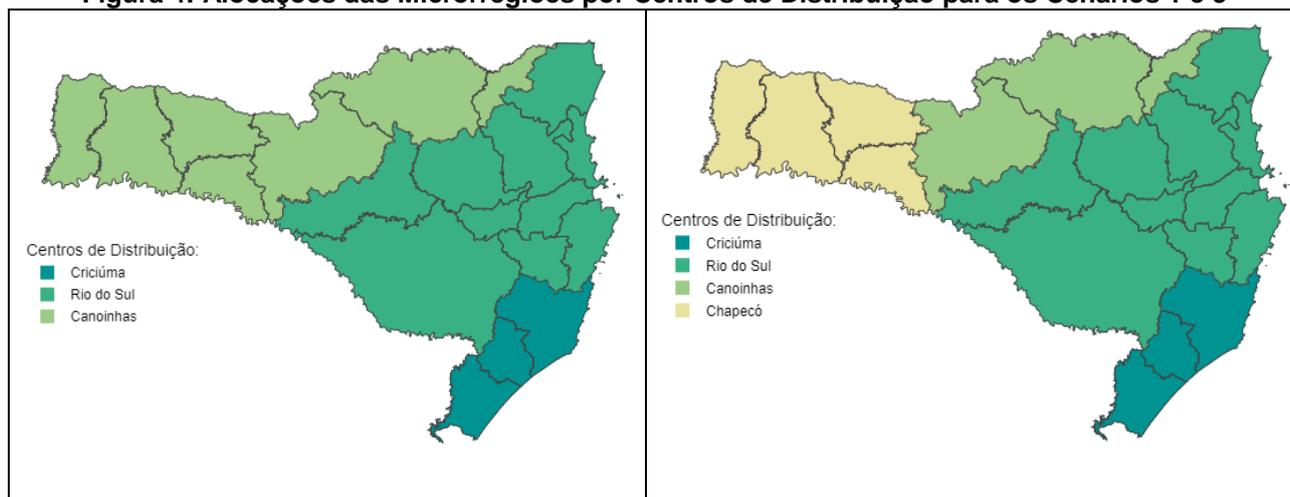


Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.3.3. Mediana e alocação para cada cenário

Para cada cenário proposto foram obtidas tabelas indicando as microrregiões definidas como centro de distribuição e suas respectivas microrregiões de atendimento. Também foram obtidas representações cartográficas para cada um deles (Figura 4 e Figura 5).

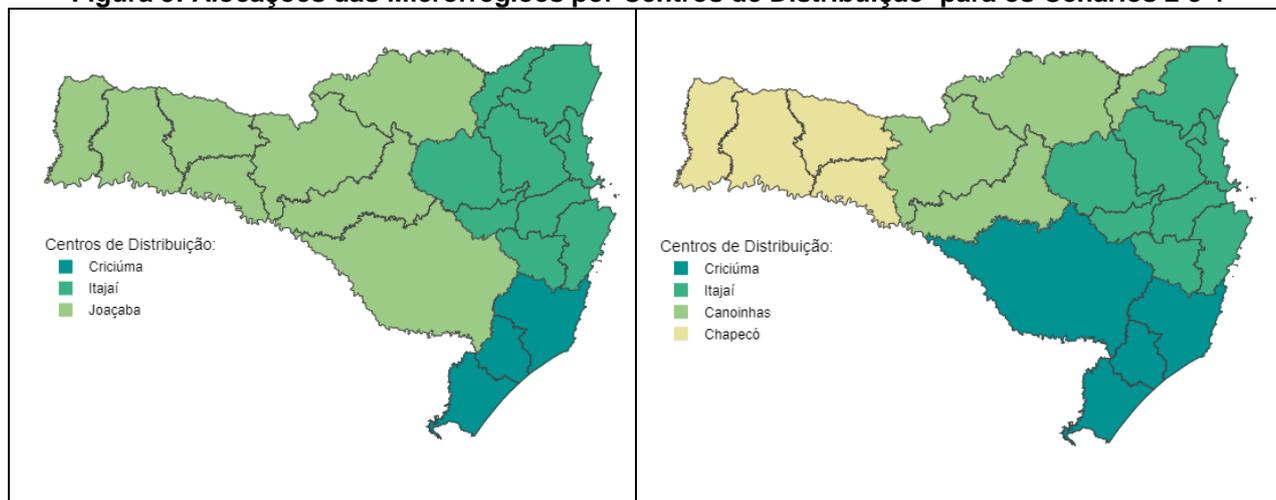
Figura 4: Alocações das Microrregiões por Centros de Distribuição para os Cenários 1 e 3



Fonte: Elaborada pelos Autores (2022)

Conforme Figura 4, os centros de distribuição referentes ao cenário 1 foram: Criciúma, Rio do Sul e Canoinhas. Já para o cenário 3, os centros de distribuição também foram esses, mas com inclusão da microrregião de Chapecó.

Figura 5: Alocações das Microrregiões por Centros de Distribuição para os Cenários 2 e 4



Fonte: Elaborada pelos Autores (2022)

A Figura 5 ilustra os centros de distribuição referentes ao cenário 2, cujos municípios selecionados foram: Criciúma, Itajaí e Joaçaba. Para o cenário 4, mantiveram-se esses mesmos centros de distribuição, acrescidos de outra instalação na microrregião de Chapecó.

5. Conclusões

Nesse artigo foi abordada a implementação do problema das p-medianas associado à alocação de centros de distribuição da defesa civil de Santa Catarina, para os casos de desastre natural, utilizando a linguagem Python.

O objetivo geral era integrar a localização otimizada e a representação cartográfica dos centros de distribuição dos itens de primeira necessidade ao longo das microrregiões do estado de Santa Catarina, fazendo uso de alguma ferramenta computacional de tecnologia livre, para quatro cenários pré-definidos.

Para isso, foram utilizadas informações obtidas por meio da SEDEC-SC e de um arquivo do tipo JSON contendo as coordenadas referentes a cada microrregião. Ambos foram então inseridos no Python e trabalhados por meio do uso de bibliotecas e pacotes. Como

resultado obteve-se, para cada cenário, mapa contendo as localizações dos centros de distribuição e as respectivas microrregiões a eles alocados.

Para utilizar o Open Solver do software Excel para solucionar o mesmo problema, é necessário entrar com uma matriz de distâncias já definida. Para elaborá-la, o usuário necessita buscar manualmente as distâncias entre cada município (utilizando o *Google Maps*, por exemplo) e transcrevê-las, uma a uma, para a planilha. No final, lhe é gerado o resultado ótimo, permitindo identificar as medianas (locais em que seriam instalados os centros de distribuição) e suas respectivas alocações. Caso queira uma representação cartográfica, faz-se necessário gerá-la manualmente, informando os dados em outro software.

Por meio do programa desenvolvido, basta inserir o arquivo em Excel contendo os nomes dos municípios a serem analisados que, a partir disso, a busca pelas localizações, os cálculos das distâncias trafegáveis entre eles e a geração da matriz ocorrem de forma automática. Com isso, há economia de tempo e redução na possibilidade de erros, visto que não é necessário transcrever valores de uma tela para outra. No final, o resultado é apresentado tanto sob a forma de tabela, como em formato cartográfico, ambos contendo as medianas (localizações dos centros de distribuição) e suas respectivas alocações.

Para o estudo realizado obteve-se como resultado para o cenário 1, a instalação de centros de distribuição em Criciúma, Rio do Sul e Canoinhas. Para o cenário 3, foram obtidas essas mesmas microrregiões acrescidas de Chapecó. Já para o cenário 2, os centros de distribuição foram atribuídos a Criciúma, Itajaí e Joaçaba e, para o cenário 4 (idem ao cenário 2, apenas considerando 4 medianas ao invés de 3) obteve-se Criciúma, Itajaí, Canoinhas e Chapecó.

Assim, observa-se que a localização dos centros de distribuição varia conforme a atribuição dos pesos e que, em ambos os casos, divergem dos já existentes e situados em Rio do Sul, Florianópolis e Joaçaba.

Como os dados utilizados para essa análise levaram em consideração os desastres naturais ocorridos entre 2013 e julho de 2019, sugere-se que novo estudo seja realizado incluindo os dados recentes. Além disso, a análise feita considerou a divisão do estado de Santa Catarina por microrregiões representadas pelos seus respectivos municípios com maior densidade demográfica. Contudo, sugere-se que no estudo futuro considere-se todos os municípios de Santa Catarina para análise, uma vez que um município com menor densidade demográfica pode ser ponto estratégico para alocação de centros de distribuição.

Por fim, salienta-se a importância da continuação de tal estudo uma vez que a velocidade de atendimento das regiões afetadas pelos desastres naturais é impactada diretamente pela escolha da localização dos centros de distribuição e das microrregiões a eles alocadas, e está inversamente associada ao grau de danos materiais e humanos, podendo intensificá-los quanto mais lenta for sua resposta.

Referências

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

BEGNINI, G. et al. **Simulação dos processos de aquisição e transporte de itens de primeira necessidade numa situação de inundação ocorrida no estado de Santa Catarina**. Anais do XXXI Congresso Nacional de Pesquisa de Transporte da ANPET, Recife, 2017.

BOONMEE, C.; ARIMURA, M.; ASADA, T. Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 24, p. 485-498, 2017.

BROMERCHENKEL, L. Choropleth Maps with time sliders using Plotly. **Medium**. Disponível em: <https://medium.com/@lucas_bromerchenkel/choropleth-maps-with-time-sliders-using-plotly-df6e19e5f90c>. Acesso em: 12 set.2022.

CATRIB, E. B.; DÁVALOS, R. V. **Desafios na organização de dados para apoiar a prevenção de ocorrências de desastres naturais: um estudo de caso para as microrregiões de Santa Catarina**. Anais do XXVIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 2021a.

CATRIB, E. B.; DÁVALOS, R.V. **Modelo de localização de facilidades para a instalação de centros de distribuição para atendimento de microrregiões de Santa Catarina em caso de desastres naturais**. Anais do XLI Encontro Nacional da Engenharia de Produção, Paraná, 2021b.

CARMONA, P. **Análisis geoespacial con pandas y Folium**. Disponível em: <<https://patricrp.medium.com/an%C3%A1lisis-geoespacial-con-pandas-y-folium-ae7bc92c6dfb>> Acesso em: 04 set. 2022.

CIRINO, S. **Modelo de p-medianas hierárquico e acessibilidade: análise dos hospitais públicos de Santa Catarina**. Florianópolis, 181 p., 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

DE CASTRO, A. L. C. **Manual de Planejamento em Defesa Civil: volume III**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 2012.

Desastres naturais: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos.html>>. Acesso em: 10 set. 2022.

DIAS, A. F. **O problema da p-mediana aplicado ao problema da gestão ótima da diversidade**. Aveiro, 82 p., 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro.

ERGUN, O.; KESKINOCAK, P; SWANN, J. Humanitarian Relief Logistics. **OR-MS Today**. v.34, n.6, p.28, 2007.

GARCIA, A. E. N. **Aplicação da p-Mediana na localização da Coordenadoria de Educação da Regional do Médio Paraíba do Estado do Rio de Janeiro**. Volta Redonda, 89 p., 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense.

JANONE, L. **A cada desastre natural no Brasil, em média 3,4 mil pessoas são afetadas**. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/a-cada-desastre-natural-no-brasil-em-media-34-mil-pessoas-sao-afetadas/>>. Acesso em: 09 set. 2022.

JÚNIOR, A.C.S. Resolvendo o problema das p-medianas com Python e Pyomo. **Medium**, 2021. Disponível em: <<https://souacsjunior.medium.com/resolvendo-o-problema-das-p-medianas-com-python-e-pyomo-351ce0525e00>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

- LEIRAS, A. et al. **Logística Humanitária**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- LOBO, D. S. **Dimensionamento e otimização locacional de unidades de educação infantil**. Florianópolis, 142 p., 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MITRANI, A. **Creating Choropleth Maps with Python's Folium Library**. Disponível em: < <https://towardsdatascience.com/creating-choropleth-maps-with-pythons-folium-library-cfacfb40f56a>> Acesso em: 03 set. 2022.
- NOGUEIRA, C. W. et al. **O enfoque da logística humanitária na localização de uma central de inteligência e suporte para situações emergenciais e no desenvolvimento de uma rede dinâmica**. Florianópolis, 273 p., 2010. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- PAYNE, B. **Ensine seus filhos a programar**. São Paulo: Novatec, 2015.
- PIZZOLATO, N. D.; RAUPP, F. M. P.; ALZAMORA, G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 13-42, 2012.
- RITCHIE, H.; ROSER, M. Natural disasters. **Our World in Data**, 2014.
- ROCHA, J. Por que aprender Python? Veja 11 razões para começar hoje! **Voitto**, 2020. Disponível em: < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/por-que-aprender-python>>. Acesso em 10 set. 2022.
- SILVA, F.B.J. **Explorando as ondas trigonométricas através do desenvolvimento de animações em Python, usando o Raspberry PI como tecnologia de suporte**. Vitória da Conquista, 241 p., 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- SILVA, L. F. **Gestão da logística humanitária: proposta de um referencial teórico**. Rio de Janeiro, 166 p., 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- THOMAS, A.S; KOPCZAK, L.R. **From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector**. Fritz Institute. p. 1-15. 2005.