



RISCOS



**RISCO DE DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS E CIDADES MÉDIAS:
UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE POUSO ALEGRE***

**HYDROMETEOROLOGICAL DISASTER RISK AND MEDIUM-SIZED CITIES:
A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF POUSO ALEGRE**

Carolina Galhardo

Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, SP (Brasil)
Instituto de Ciência e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais
ORCID 0000-0002-3419-6190 carolinagalhardo@gmail.com

Ana Paula Martins do Amaral Cunha

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Brasil)
ORCID 0000-0002-9924-6523 ana.cunha@cemaden.gov.br

Regina Célia dos Santos Alvalá

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Brasil)
ORCID 0000-0002-7528-5026 regina.alvala@cemaden.gov.br

Adriano Mota Ferreira

Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, SP (Brasil)
Instituto de Ciência e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais
ORCID 0000-0003-2885-000X adrianomotaferreira@gmail.com

RESUMO

A expansão das áreas urbanas ao longo dos últimos anos tem se singularizado pelo crescimento desordenado, o que agrava a exposição de pessoas ao risco de desastres de diversas naturezas, devido à ocupação, sem planejamento integrado, de áreas suscetíveis a inundações, enxurradas e alagamentos. O objetivo principal deste estudo foi explorar as diferentes componentes do risco de desastres em relação à expansão urbana e principais instrumentos de planejamento urbano em uma cidade média monitorada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta e Desastres Naturais (CEMADEN). Ao analisar os extremos de precipitação máxima anual de um dia (Rx1) e máxima de cinco dias consecutivos (Rx5) observou-se que a tendência de eventos extremos de chuvas não é de aumento no município, ao contrário do observado nos registros de ocorrência de inundações e alagamentos. Além disso, foi possível evidenciar a vulnerabilidade social no território, o expressivo crescimento do município entre os anos 2000 e 2019, e correlacionar os bairros mais afetados pelos extremos de precipitação. Por fim, reitera-se a necessidade de instrumentos de planejamento integrados e redução da vulnerabilidade social no município para a melhoria na gestão do risco de desastre.

Palavras-chave: Expansão urbana, inundação, vulnerabilidade, redução do risco de desastres.

ABSTRACT

Urban expansion in recent years has been characterized by unregulated growth, which increases people's exposure to disaster risks due to the unplanned occupation of areas prone to flooding, flash floods, and waterlogging. This study investigates the components of disaster risk in relation to urban expansion and the role of urban planning instruments in a medium-sized city monitored by the National Centre for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (CEMADEN). Analysis of maximum annual one-day precipitation (Rx1) and maximum rainfall over five consecutive days (Rx5) revealed that the frequency of extreme precipitation events has not increased in the municipality, contrary to the records of flood and flash flood events. The study also highlights the municipality's significant population growth between 2000 and 2019, its social vulnerability, and the neighbourhoods most affected by extreme precipitation. The findings underscore the urgent need for integrated planning tools and strategies to mitigate social vulnerability and strengthen disaster risk management.

Keywords: Urban expansion, floods, vulnerability, disaster risk reduction.

* O texto deste artigo foi submetido em 28-09-2023, sujeito a revisão por pares a 17-11-2023 e aceite para publicação em 10-02-2025.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 32 (N.º Especial), 2025, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

O Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2017) apresenta a definição de desastre como “[...] *uma séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou uma sociedade, em qualquer escala, devido a eventos de ameaça que interagem com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a uma ou mais das seguintes consequências: perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais*”. Considera-se como “[...] *ameaças os processos, fenômenos ou atividades humanas que podem causar perda de vidas, lesões ou outros impactos na saúde, danos materiais, perturbações sociais e econômicas ou degradação ambiental*” (UNDRR, 2017; 2021). Dentro das classificações das diferentes ameaças estão as chamadas hidrometeorológicas que têm origem atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Exemplos são inundações, incluindo inundações repentinas, seca, ondas de calor ou de frio e tempestades costeiras (UNDRR, 2017; 2020; 2021).

O fator exposição refere-se à situação de pessoas, comunidades ou sistemas, infraestrutura, habitação, capacidade de produção e outros bens materiais que podem estar localizados e sujeitos às ameaças em determinada escala temporal e espacial (Monte *et al.*, 2020; UNISDR, 2009). Já a vulnerabilidade, considerada um conceito complexo, envolve muitas características de pessoas e grupos que os expõem a danos e limitam sua capacidade de prever, enfrentar e se recuperar de danos (Wisner, 2016). Kelman (2019) explica que a vulnerabilidade dita como a sociedade e seus grupos sociais são ou podem ser afetados pelas ameaças, enquanto Valencio (2009) afirma que um grupo que se encontra vulnerável é aquele que, diante de uma ameaça, não pode antecipá-la, lidar com ela, resistir e recuperar-se de seus possíveis danos e impactos. Características como gênero, idade, estado de saúde física e mental, ocupação, estado civil, sexualidade, raça, etnia, religião e status de imigração podem ter influência em potencial perda, lesão ou morte em face a ameaças (Wisner; Gaillard; Kelman, 2012).

Entende-se por capacidade “[...] *a combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis dentro de uma organização, comunidade ou sociedade para gerir e reduzir os riscos de desastres e fortalecer a resiliência*” (UNDRR, 2017). Nesse contexto, quando abordado o meio urbano, o ordenamento territorial tem sido considerado uma das soluções mais viáveis e ferramenta crucial para reduzir as vulnerabilidades em áreas expostas (Ku, 2024; Zhang *et al.*, 2024).

Muito tem se debatido sobre o crescimento das cidades e aumento da população urbana, assim como os desastres em grande, média e pequena escala têm se tornado mais

frequentes (UNISDR, 2009; 2011; 2015; ONU, 2019). A rápida urbanização e degradação do solo, a globalização socioeconômica e as mudanças climáticas estão entre as tendências que afetam o mundo em geral e, se não são a causa, acabam sendo os agravantes dos desastres de origem hidrometeorológica, tais como inundações e enxurradas (Genser, 2013; Prashar *et al.*, 2023).

Adotado na 3ª Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres pelas Nações Unidas, UNISDR (2015), o Marco de Ação de Sendai relata evidências de que a exposição de pessoas e ativos em todos os países cresce mais rapidamente do que a redução da vulnerabilidade. No documento ainda é constatado que tal evidência gera novos riscos, além de aumentar constantemente as perdas por desastres, com significativo impacto sobre a economia, a sociedade, a saúde, a cultura e o meio ambiente, a curto, médio e longo prazo, especialmente nos níveis local e comunitário. Portanto, pode-se aferir sobre a importância em se planejar e executar medidas para prevenção ou minimização de riscos de desastres em articulação com outros temas e setores, segmentos governamentais ou não governamentais e sociedade (Coutinho *et al.*, 2015).

Nos últimos vinte e três anos, 7763 eventos de desastres relacionados a inundações foram registrados em todo o mundo pelo Emergency Events Database (EM-DAT), uma das principais bases de dados internacionais de desastres. Conforme o Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), órgão a frente dos dados, entre 2000 e 2023, houve 510.837 mortes e 3,9 bilhões de pessoas afetadas por 6.681 desastres relacionados ao clima (CRED, 2020a) sendo que, as inundações foram consideradas os eventos mais mortais, representando 43,5% das mortes apenas no ano de 2019 (CRED, 2020b).

No contexto do Brasil, conforme o Atlas Brasileiro de Desastres (Brasil, 2023), no período entre 1991 e 2023, inundações, enxurradas e alagamentos totalizaram 17.655 ocorrências registradas. Destes, 5.213 (29,53%) localizam-se na região Sudeste, entre os quais, 2.458 ocorreram no estado de Minas Gerais, representando 13,92% das ocorrências dessa tipologia no país. No período avaliado, as inundações, enxurradas e alagamentos culminaram em 51,5% dos óbitos e 39,5% dos afetados por desastres no Brasil.

Considerando o cenário descrito, a presente pesquisa tem como objetivo explorar as diferentes componentes do risco de desastres em relação à expansão urbana e principais instrumentos de planejamento urbano, em uma cidade média monitorada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN). Através de um estudo de caso para o município de Pouso Alegre, Minas Gerais, foram investigados os eventos extremos de chuva, a exposição às ameaças hidrometeorológicas, em especial as inundações,

enxurradas e alagamentos, a distribuição espacial da vulnerabilidade social, ocorrências de desastres no município, assim como a expansão da malha urbana.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O município de Pouso Alegre está situado na região sul de Minas Gerais, na microrregião do Vale do Sapucaí (fig. 1). Faz parte da Bacia Hidrográfica do Sapucaí e se localiza a Latitude 22° 13' 48" sul e Longitude 45° 56' 11" oeste, com altitude de 832 metros. A altitude máxima encontrada no município é de 1347 metros (na Serra de Santo Antônio) e a altitude mínima encontrada no município é de 810 metros (na foz do Rio Cervo).

O município possui uma população de 152.217 habitantes (IBGE, 2023) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,774 (IBGE, 2018), considerado IDHM Alto (Malik, 2013). Além disso, consiste em um

importante polo industrial e comercial para a região devido, principalmente, à sua localização às margens da Rodovia Fernão Dias, a 180 km de São Paulo, a 373 km de Belo Horizonte e a 391 km do Rio de Janeiro.

Partindo da abordagem de que o risco de desastre dá-se em função da combinação entre ameaça, exposição, vulnerabilidade e capacidade (UNDRR, 2017), a metodologia adotada baseou-se em i) análise da ameaça - extremos de chuvas que podem levar a inundações, enxurradas ou alagamentos; ii) análise da exposição - áreas de risco no município; iii) análise da vulnerabilidade social e iv) análise da capacidades, realizada através da análise dos instrumentos de planejamento territorial.

Análise dos eventos extremos de chuva na área de estudo

A primeira etapa do estudo consistiu em avaliar os extremos hidrometeorológicos que possam ter causado os desastres associados às inundações, enxurradas e alagamentos no município de Pouso Alegre. Para isso,

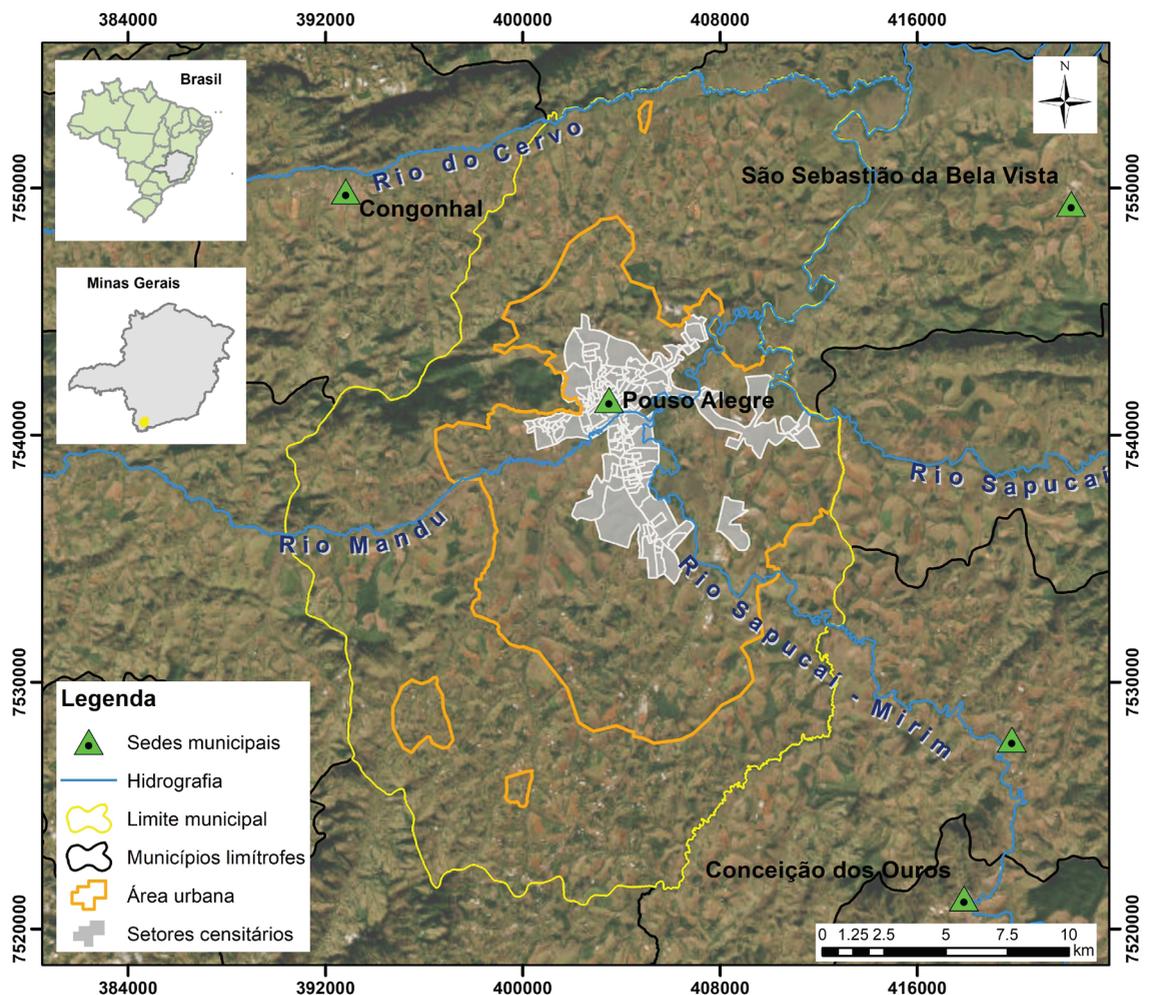


Fig. 1 - Localização do Município de Pouso Alegre, MG.

Fig. 1 - Location of Pouso Alegre, MG.

dados diários de precipitação foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, <https://bdmep.inmet.gov.br/>) e da plataforma HIDROWEB da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>). Uma vez que a maior parte das estações meteorológicas na área de estudo apresentam falhas em suas séries históricas, todas as estações disponíveis inseridas na área de estudo (região do município de Pouso Alegre, fig.1) foram utilizadas para criar uma série histórica consistente para o período de 1980 a 2021.

A fim de avaliar os extremos de chuvas que podem estar associados às ocorrências de desastres, os índices climáticos Precipitação máxima anual de um dia (Rx1) e Precipitação máxima de 5 dias consecutivos (Rx5) foram calculados a partir da série temporal de dados

diários de precipitação (1980-2021). Tais índices têm sido amplamente utilizados em estudos de extremos climáticos, conforme indicado pelo “Expert Team on Climate Change Detection and Indices” (ETCCDI) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2009).

O teste de tendência linear de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) foi aplicado à série temporal de Rx5 para avaliar alguma tendência (positiva ou negativa) na ocorrência de eventos extremos de chuva no município de Pouso Alegre.

Exposição a ameaças hidrometeorológicas

Os dados referentes à população exposta (fig. 2) foram obtidos por meio da Base Territorial Estatística de Áreas de Risco - BATER (Dos Santos *et al.*, 2019; CEMADEN; IBGE, 2018; <https://www.ibge.gov.br/>

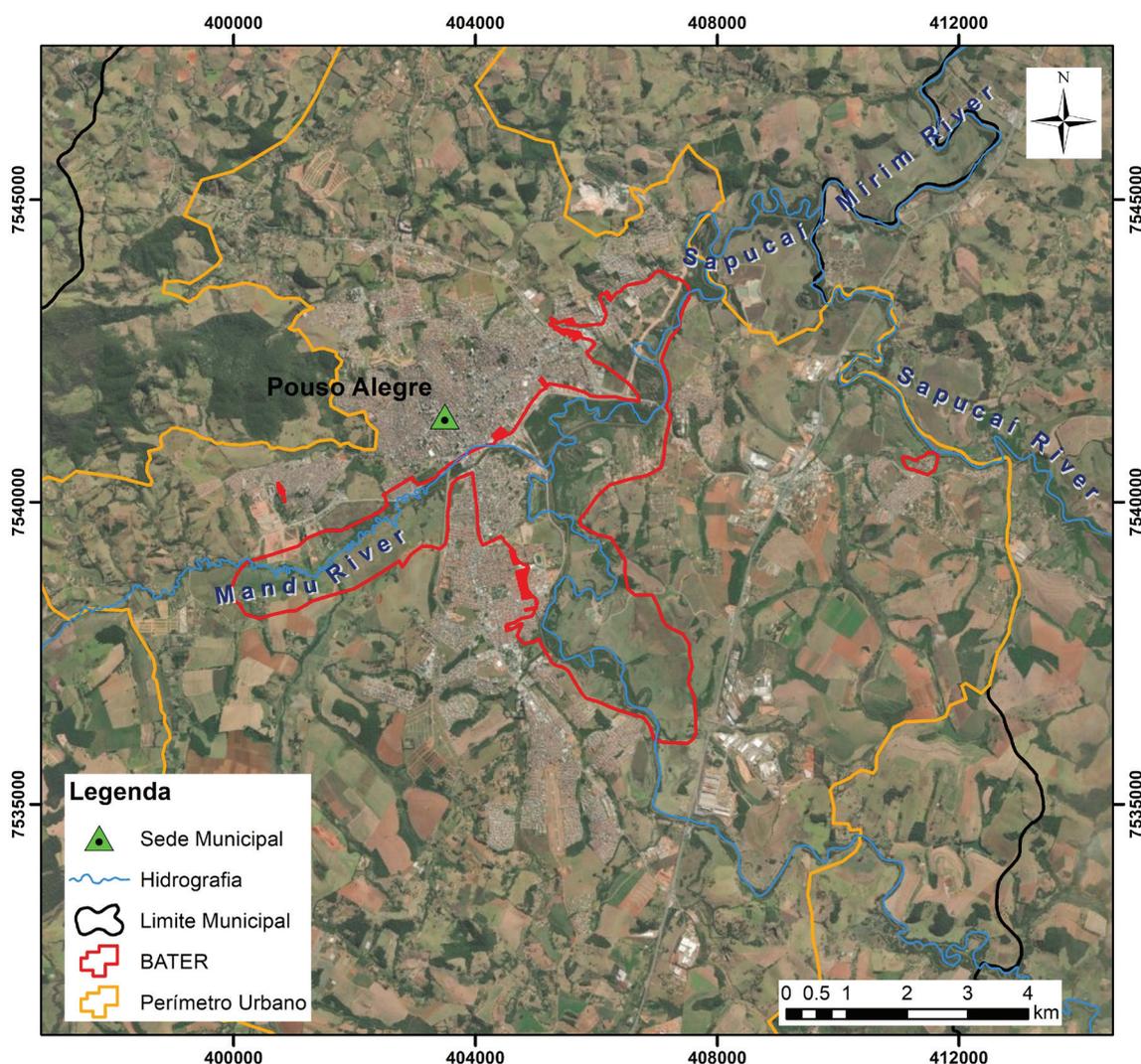


Fig. 2 - Base Territorial Estatística de Áreas de Risco - BATER no município (Fonte: elaborado pela autora. Adaptado de IBGE e CEMADEN, 2018).

Fig. 2 - Statistical Territorial Database of Risk Areas (BATER) in Pouso Alegre, MG (Source: prepared by the author, adapted from IBGE and CEMADEN, 2018).

geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/21538-populacao-em-areas-de-risco-no-brasil.html?=&t=sobre). Trata-se de uma associação das geometrias das áreas de risco com dados sociodemográficos derivados de faces de quadra e/ou setores censitários. Dessa forma, é possível ter acesso aos dados sociodemográficos associados às áreas de risco de inundações, enxurradas e movimentos de massa (fig. 2) para os municípios monitorados pelo CEMADEN (CEMADEN; IBGE, 2018; Assis Dias *et al.*, 2018, Assis Dias *et al.*, 2020; Dos Santos Alvalá *et al.*, 2019).

Importante destacar que o município em estudo é considerado prioritário para monitoramento pelo CEMADEN/MCTI no que se refere aos riscos de desastres deflagrados por eventos hidrometeorológicos extremos que culminam em inundações, enxurradas e alagamentos.

Caracterização da vulnerabilidade social na área de estudo

Nesta etapa foi construído um Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) a partir de adaptação de Medeiros (2018). Os dados necessários para a estimativa do IVS foram extraídos do Censo de 2010 fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, <https://censo2010.ibge.gov.br/>) a nível de setores censitários junto às áreas urbanas. No presente estudo foram abordadas 4 dimensões para a identificação da vulnerabilidade, sendo: (i) Habitação e Saneamento; (ii) Renda; (iii) Educação e (iv) Situação Social. A TABELA I apresenta os indicadores utilizados dentre as dimensões selecionadas.

Dos quatorze indicadores, seis deles são inversamente proporcionais à vulnerabilidade social, isto é: % de moradores em domicílios próprios; % de moradores em domicílios ligados à rede geral de água; % de

moradores em domicílios ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica; % de moradores em domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza; % de moradores em domicílios com energia elétrica e renda média mensal domiciliar. Ou seja, quanto maiores os valores dos indicadores acima, menos vulnerável é a população. Por outro lado, os demais 8 indicadores são diretamente proporcionais com a vulnerabilidade social, portanto, quanto maior o valor do indicador, maior a vulnerabilidade.

Tratando-se de diferentes valores e ordens de grandeza, torna-se necessária a padronização dos valores obtidos. Para isso, o indicador normalizado no setor censitário “s” foi obtido através da Equação (I) (IPECE, 2018) abaixo:

$$Ips = (Is - IVmin) / (Vmáx - IVmin) \quad (I)$$

em que:

Ips = Valor normalizado do indicador “I” no setor censitário “s”;

Is = Valor do indicador “I” no setor censitário “s”;

IVmin = Menor valor do indicador “I” dentre o universo de setores censitários;

IVmáx = Maior valor do indicador “I” dentre o universo de setores censitários.

Na execução do cálculo, nos casos em que há uma relação diretamente proporcional à vulnerabilidade, tem-se $IVmin = Imin$ e $IVmáx = Imáx$. Já nos casos de relação inversamente proporcional com a vulnerabilidade, do qual o menor valor aponta maior vulnerabilidade, tem-se $IVmáx = Imin$ e $IVmin = Imáx$. O índice de vulnerabilidade social (IVS) foi obtido através do valor médio e desvio padrão dos indicadores, tendo por base a seguinte classificação:

TABELA I - Indicadores utilizados na construção do IVS segundo as dimensões utilizadas.
TABLE I - Indicators used in the Social Vulnerability Index (SVI) construction by dimension.

Habitação e Saneamento	% de moradores em domicílios próprios.
	% de moradores em domicílios ligados à rede geral de água.
	% de moradores em domicílios ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica.
	% de moradores em domicílios com lixo coletado por serviço de limpeza.
	% de moradores em domicílios com energia elétrica.
Renda	Renda média mensal domiciliar.
	% de domicílios com renda per capita inferior a ½ salário-mínimo.
	Variância da renda média domiciliar.
Educação	% da população com 15 anos ou mais de idade analfabeta.
	% de chefes de domicílio analfabetos.
	Média de moradores por domicílio.
Situação Social	Razão de dependência.
	% de mulheres chefes de domicílios.
	% de agregados a família.

- Alta Vulnerabilidade: valores superiores ao índice médio somado ao valor do desvio-padrão;
- Média-alta Vulnerabilidade: valores maiores que o valor médio e menores que a média somada ao desvio-padrão;
- Média-baixa Vulnerabilidade: valores inferiores à média e superiores à média menos um desvio-padrão;
- Baixa Vulnerabilidade: valores inferiores à média menos um desvio-padrão.

Por fim, após cálculo do índice por meio de planilha eletrônica, foi realizada a manipulação e espacialização dos dados em ambiente SIG através do software ArcGIS Pro®, por meio da associação da planilha de cálculo e os códigos correspondentes para cada setor censitário.

Caracterização espaço-temporal da ocorrência de desastres hidrometeorológicos e da expansão urbana

Os registros de ocorrências de desastres foram extraídos do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD, <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>), a partir do qual foram adquiridas as séries históricas das ocorrências, sendo estas complementadas com dados advindos da Sala de Situação do CEMADEN/MCTI.

Os dados relativos à expansão urbana foram extraídos da plataforma MapBiomias (<https://mapbiomas.org/download>) a partir da qual, através da camada “Infraestrutura Urbana” foi possível analisar a expansão em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esta camada apresenta as áreas urbanizadas com predomínio de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, vias e construções (Souza *et al.*, 2020) sendo possível verificar as áreas urbanas de interesse. Além disso, foi utilizado o produto denominado ‘Coleção 5’, a partir do qual foi possível obter dados de uso e cobertura do solo de 1985 a 2019, período este que abrange o considerado na presente pesquisa. É importante destacar que a metodologia proposta por Souza *et al.* (2020) é utilizada em inúmeros projetos que demandam dados de uso e cobertura do solo (Luiza Petroni *et al.*, 2022; Ribeiro *et al.*, 2024; Saraiva Farinha *et al.*, 2024). Ainda nesta etapa, foram consultados dados de população residente de IBGE (2012) em complemento aos de infraestrutura urbana acima citado.

Para analisar a correlação entre a expansão urbana do município e o histórico de ocorrências de desastres registrados, foram cruzadas as informações obtidas por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, visando obter a espacialização dessas informações. É importante ressaltar que, quando os registros não possuíam coordenadas geográficas disponíveis, tais localizações foram aproximadas através de nomes de ruas e ou bairros, juntamente aos

centróides dos respectivos polígonos, com auxílio do software Google Earth Pro (<https://www.google.com.br/earth/versions/#download-pro>).

Instrumentos legais para gestão do risco de desastres

Para identificar a existência de instrumentos legais voltados à gestão de risco de desastres no município, foram consultados os dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais - MUNIC 2020 (IBGE, <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=o-que-e>) e, quando identificados, consultados junto ao site da Câmara Legislativa Municipal (<http://pousoalegre.siscam.com.br>) adaptando-se o proposto por Bernardini (2017).

Dada a relevância do Plano Diretor Municipal (PDM) enfatizada pela Lei 10.257 de 2001 (Estatuto da Cidade) que regulamenta a Política Urbana no Brasil e sua necessária interação com outras Políticas, tais como a Lei 12.608 de 2012 (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil), foram consultados os dois PDM's existentes no histórico do município, o Código de Obras e instrumentos voltados às atividades de Proteção e Defesa Civil.

Resultados e Discussão

Análise dos eventos extremos

Conforme o Rx5, que indica o acumulado máximo de precipitação em cinco dias consecutivos, o evento mais extremo de chuva ocorreu entre dezembro de 1999 (264 mm) e janeiro de 2000 (304 mm). Após este evento, outros de menores magnitudes foram observados em fevereiro de 2004 (181 mm), janeiro de 2005 (162 mm), janeiro de 2007 (177 mm), fevereiro de 2009 (158mm), janeiro de 2011 (183 mm) e janeiro de 2013 (186 mm).

A partir do Rx1, destacam-se os acumulados diários de chuvas em janeiro de 2000 (104 mm/24h), de janeiro de 2011 (96 mm/24h) e janeiro de 2016 (103 mm/24h) (fig. 3).

Destaca-se que, de acordo com o teste de tendência linear realizado, apesar de uma tendência negativa na ocorrência de extremos de chuva (Tau de Kendal = -0.015), estes não são estatisticamente significativos (p-value = 0.629). Assim, de acordo com os dados de precipitação observados no município de Pouso Alegre, não foi verificada tendência de aumento na ocorrência de extremos de chuva.

Caracterização da vulnerabilidade

Os resultados obtidos para o IVS mostraram que os setores censitários de interesse no município abrangeram cerca de 36,96 km² de um total de 196,66 km², o que contempla 18,79 % do perímetro urbano. Vale lembrar que os setores escolhidos foram os de situação 1 e 3

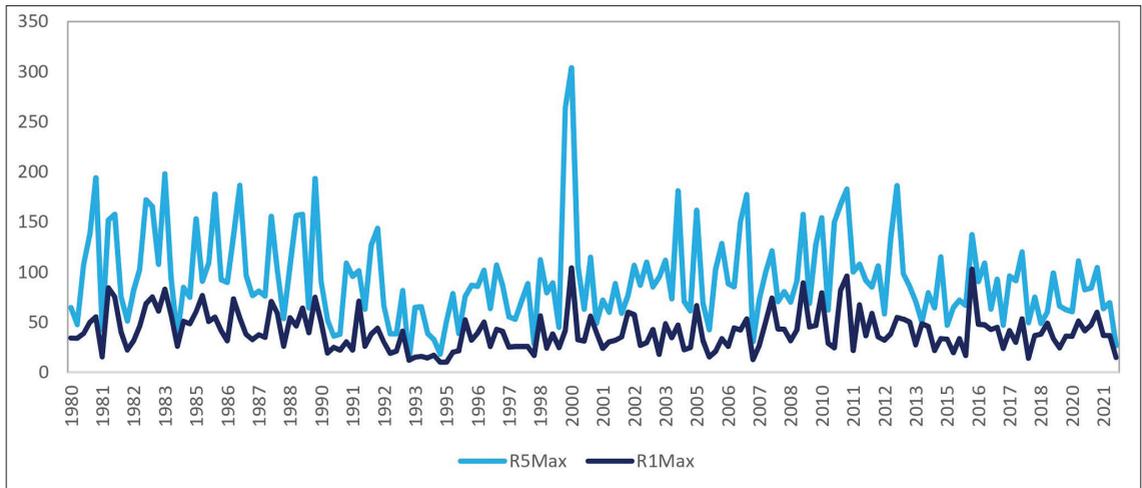


Fig. 3 - Evolução temporal de Rx5 e Rx1 para o município de Pouso Alegre, MG.

Fig. 3 - Temporal evolution of Rx5 and Rx1 in Pouso Alegre, MG.

que, em conformidade com IBGE (2012), são aqueles que apresentam (1) área urbanizada de cidade ou vila e (3) área urbana isolada.

Tal situação deve-se à exclusão de determinados setores onde dados não estavam disponíveis junto às bases ou por serem considerados setores rurais. Sendo assim, foram utilizados dados de 139 setores censitários de um total de 165 delimitados no município, o que corresponde a cerca de 84,24% do total de setores. Em termos populacionais, os setores contaram com uma abrangência de 110.230 habitantes que, neste caso, representou 84,40 % da população total (130.615), de acordo com IBGE (2012).

O valor obtido para IVSméd (IVS médio) calculado foi igual a 0,247 (adimensional) e o IVS σ (desvio padrão) de 0,079. Na TABELA II apresenta-se uma síntese das classes do IVS, suas respectivas áreas, setores censitários e população residente.

A partir da TABELA II, observa-se que as classes do IVS com maiores abrangências em termos de área no município seguiram a ordem: Média-Baixa > Média-Alta > Baixa > Alta. Com as maiores áreas, as classes Média-Baixa e Média-Alta concentraram, consequentemente, os maiores números de setores, assim como da população residente (aproximadamente 76%).

É importante ressaltar que, embora a classe de Baixa vulnerabilidade seja aproximadamente 1,12 vezes maior em termos de área do que a classe de Alta vulnerabilidade, esta última conta com 13,30 % da população total, enquanto a primeira conta com 10,73 % da população total dos setores (fig. 4).

Diante a espacialização do IVS, é possível perceber que as áreas periféricas do município compreendem áreas de vulnerabilidade Média-Baixa, Média-Alta e Alta

TABELA II - Síntese dos resultados obtidos a partir do Índice de Vulnerabilidade Social.

TABLE II - Summary of results obtained from the Social Vulnerability Index (SVI).

Classes - IVS	Áreas (km ²)	Setores Censitários (nº)	População (nº)
Alta (IVS > 0,326)	3,71	17	14657
Média-Alta (0,247 < IVS < 0,326)	13,44	37	27630
Média-Baixa (0,168 < IVS < 0,247)	15,67	69	56106
Baixa (IVS < 0,168)	4,14	16	11837
Total	36,96	139	110230

Fonte dos dados: Censo Demográfico de 2010.
Source: Demographic Census 2010.

(estas duas últimas concentradas a nordeste do mapa). Além dos setores a nordeste, é possível perceber uma concentração de Alta vulnerabilidade social ao centro do mapa, sobretudo ao entroncamento dos rios Mandu e Sapucaí-Mirim, região esta em intersecção ao polígono da BATER. As áreas de Baixa vulnerabilidade concentraram-se ao norte do mapa, especialmente àquelas localizadas ao centro do município.

Ocorrência de desastres e expansão urbana

O município de Pouso Alegre, MG, tem sua origem a partir do histórico de ocupação das planícies dos rios Sapucaí-Mirim, Mandú e suas proximidades. Como relatou Gouvêa (2004), onde originalmente corria o Rio Mandú foi construída uma avenida perimetral e, dessa forma, o rio teve seu leito natural modificado e seu canal passou

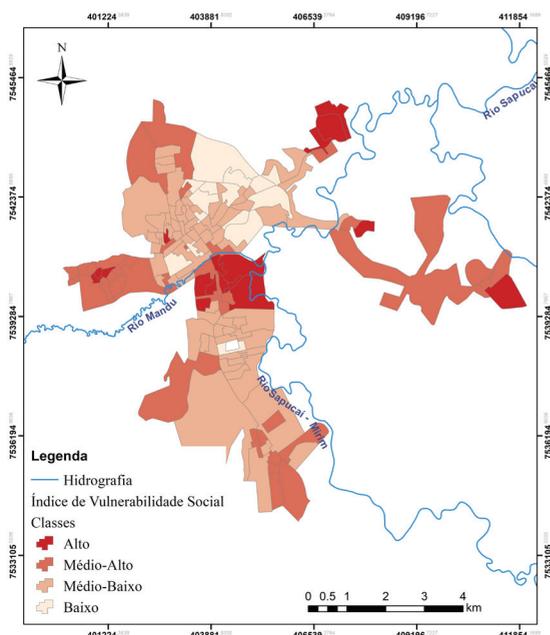


Fig. 4 - Espacialização do Índice de Vulnerabilidade Social.

Fig 4 - Spatial distribution of the Social Vulnerability Index.

por uma retificação. O autor ressaltou ainda sobre este rio ter passado a receber grande volume de esgoto e produtos químicos industriais e que, anualmente, havia um represamento provindo do encontro das águas de ambos os rios, submergindo regiões da cidade.

De acordo com relatório do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014), relatos de moradores e funcionários da Defesa Civil pontuam a existência de histórico de inundações ocorridas nos anos de 2000, 2007, 2009 e 2011, sendo os eventos dos anos 2000 e 2011 considerados de maior impacto em relação aos demais. Conforme apresentado previamente (fig. 3), as análises de eventos extremos de chuva a partir dos índices Rx1 e Rx5 mostraram que o ano de 2000 correspondeu ao evento com o maior acumulado de chuva em 24 horas (104 mm) e em 5 dias consecutivos (304 mm).

O relatório cita bairros como São Geraldo, Jardim Yara, São José, Jardim Guanabara, Santa Cecília, Faisqueira, Fátima III, Shangrillá, Ipiranga, Francisca Rios, São Carlos e Foch II, situados na área de inundação dos rios Sapucaí-Mirim e Mandú, onde, no ano de 2011, a água atingiu o nível de 2,00 metros nas residências mais próximas ao leito do rio, com média entre 0,50 e 1,00 metro nas demais edificações (CPRM, 2014).

Em consulta realizada no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2iD), foram encontrados registros de desastres hidrometeorológicos no município a partir de 1997, sendo que os últimos eventos que constam nesta fonte datam do ano de 2016. Os eventos ocorridos posteriormente foram registrados na Sala de

Situação do CEMADEN/MCTI (TABELA III) e complementam a presente análise.

Ao relacionar dados gerados pelos índices de Rx5 e Rx1 é possível tirar algumas considerações. No caso do Rx5, os principais eventos identificados com precipitação máxima em 5 dias consecutivos, janeiro de 2000 mostrou-se o mais intenso com 304 mm de precipitação, fazendo com que fosse necessário o reconhecimento de estado de calamidade pública de, ao menos, 30 dias, como é mostrado na TABELA III. Outros eventos podem ser citados como de janeiro de 2007 onde, cerca de 177 mm acumulados em 5 dias fizeram com que os rios Mandu e Sapucaí-Mirim se elevassem em aproximadamente 4,5 m acima dos níveis normais. Lâmina próxima desta faria com que novamente os rios transbordassem, com cerca de 183 mm, deixando danos em infraestrutura pública, como escolas, pontes, postos médicos e inúmeros domicílios impactados negativamente.

Já no caso do Rx1, chama atenção lâminas diárias de 104, 96 e 103 mm nos anos de 2000, 2011 e 2016 respectivamente. Em 2016, ao menos quatro ocorrências foram registradas, sendo três de pequeno porte relacionadas a inundações enxurradas e alagamentos. Por outro lado, a ocorrência do dia 16/01/2016 fez com que diferentes bairros fossem afetados e uma região da zona rural ficasse isolada (TABELA III).

Nos anos de 2012 e 2014, foram construídos os chamados “Diques 1 e 2” realizadas a fim de se represar as águas dos rios Sapucaí Mirim e Mandu, cujas áreas de inundação extravasam o Bairro São Geraldo e adjacências. Após a construção dessas estruturas, a magnitude do impacto dos eventos extremos de chuva aparentou ter diminuído; porém, podemos observar na TABELA III que a frequência de inundação e de alagamento continuou expressiva, ainda que não tenha sido verificada uma tendência de aumento na ocorrência de extremos de chuva, como destacado no item *Análise dos eventos extremos de chuva na área de estudo*. Como medida emergencial, diante da continuidade das ocorrências, a prefeitura municipal tem utilizado bombas de sucção para retirar a água que acumula na região e, em janeiro de 2020, precisaram ser ligadas para auxiliar no escoamento da água acumulada nas áreas habitadas (<http://www.2005-2015.agenciaminas.mg.gov.br/multimedia/galerias/obras-do-governo-de-minas-vaio-evitar-grandes-enchentes-em-pouso-alegre-3/>; <https://pousoalegre.net/93582/defesa-civil-monitora-aumento-do-nivel-dos-rios-mandu-e-sapucaimirim-em-pouso-alegre/>).

Uma vez observado que a ocorrência dos desastres no período analisado não aumenta em proporção direta com os extremos de chuvas, pode-se inferir que outros fatores estejam associados com os acontecimentos. Dentre estes, inclui-se a expansão urbana como parâmetro relevante e capaz de afetar diretamente a localização e a constância das ocorrências com o passar dos anos.

territorium 32 (N.º Especial)

TABELA III - Desastres registrados no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres e pela Sala de Situação do CEMADEN/MCTI.

TABLE III - Disasters recorded in the Integrated Disaster Information System and by the CEMADEN/MCTI Situation Room.

Data	Tipo/Fonte	Evento	Descrição
07/01/1997	Portaria	Enxurradas	Reconhecimento, em virtude de intensas precipitações e inundações, a situação de emergência no município.
18/01/2000	Portaria	Inundações	Reconhecimento, em virtude de intensas precipitações pluviométricas, do estado de calamidade pública pelo prazo de 30 dias.
24/02/2004	Avadan	Inundações	Chuvas fortes e ininterruptas por período de sete dias, provocaram alagamento, desabamento, deslizamento de encostas e inundações em diversas áreas do município.
08/01/2007	Avadan	Inundações	Inundações causadas por chuvas que elevaram o nível dos Rios Mandú e Sapucaí Mirim 4,5 m acima de seu nível normal, causando danos e prejuízos nas áreas urbana e rural, agravada por uma chuva no dia 08/01/2007.
04/05/2009	Avadan	Tempestade Local/Convectiva	Chuva intensa ocorrida por um período de 30 minutos, de grande intensidade, com granizos de aproximadamente 5 cm de diâmetro, provocando destruição total de diversas lavouras.
04/01/2011	Avadan	Inundações	Chuvas de 140 mm ocorridas por um período de 72 horas com precipitações pluviométricas de grande intensidade e longa duração, que culminaram na cheia dos rios Mandu, numa cota de 3,00 m, e Sapucaí Mirim, de 4,25 m acima de seu nível normal. Houve inundação, atingindo várias famílias. As águas causaram inundação em escolas, postos médicos, residências, danos em pontes e outras edificações públicas e privadas.
2012		Construção - Dique 1	
23/02/2013	Fide	Enxurradas	Ruas e avenidas na área central e dos bairros Jardim Noronha, Primavera, Shangri-lá, Francisca Rios (árvore grande) e São Carlos foram atingidas por fortes enxurradas. No bairro Vale das Andorinhas houve inundação. Fortes chuvas, acima de 25mm, 1 hora em média, causaram fortes enxurradas e inundações devido ao transbordamento do córrego Ribeirão das Mortes, que corta o bairro Vale das Andorinhas.
2014		Construção - Dique 2	
31/12/2014	Fide	Alagamentos	Bairros da área central, e periféricos, como centro da cidade, Bairro Solar das Andorinhas, Bairro São Geraldo, Jardim Mariosa, Bairro Shangri-lá, Bairro Fatima I, Bairro Faisqueira. Chuva muito forte entre 10 e 15 mm em pouco espaço de tempo, acompanhada de fortes vendavais, causaram inundações bruscas em vários bairros, atingindo residências e comércio, destelhando vários imóveis residenciais e comerciais, além de derrubar várias árvores de grande porte, que ao caírem sobre a rede elétrica, causam o desligamento da mesma deixando vários bairros sem energia.
03/01/2016	CEMADEN/MCTI	Enxurrada/Alagamento	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: AUSENTE Localização da ocorrência no mapa: lat:-22.2480373 ; long:-45.94201179999999
15/01/2016	CEMADEN/MCTI	Inundação	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: BAIXA PRECISÃO. Bairros Faisqueira, Colina de São Francisco, Pão de Açúcar, Bela Itália, São Geraldo e Foch II.
16/01/2016	Fide	Alagamentos	Bairros afetados: Faisqueira, Vale das Andorinhas, Santa Edwiges, Morumbi, Colina Verde, Centro, São João, (Gabirolval na zona rural). Volume de chuva de 90 mm, num período de 6 horas ininterruptas, veio a causar cheias nos ribeirões que cortam a zona urbana causando inundações nos bairros próximos aos mesmos, além da captação pluvial deficitária em vários bairros. Na zona rural a cheia do ribeirão do pântano causou o isolamento da Vila Vintém no bairro Gabirolval.
17/01/2016	CEMADEN/MCTI	Inundação	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: AUSENTE Localização da ocorrência no mapa: lat:-22.2480373 ; long:-45.94201179999999
23/03/2016	Fide	Alagamentos	Chuva intensa com volume médio de 90 mm, no período das 19h30 às 21h40, veio a causar fortes enxurradas e alagamentos nos bairros Faisqueira, Recanto dos Fernandes, Vale das Andorinhas, Bairro Shangri-lá, Centro, Jardim América e Jardim Noronha.
23/03/2016	CEMADEN/MCTI	Inundação/Enxurrada	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: BAIXA PRECISÃO. Bairros Faisqueira, Xangrilá, Jardim América, Recanto dos Fernandes e Vale das Andorinhas. Vários pontos de alagamento. Não há registro de desalojados e desabrigados.
20/11/2017	CEMADEN/MCTI	Inundação/Alagamento	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: MÉDIA PRECISÃO Rua José Augusto da Silva, Bairro Shangrilá.
09/01/2018	CEMADEN/MCTI	Inundação	Precisão de localização da ocorrência: MÉDIA PRECISÃO rua Antônio Scodeller, Centro, bairros Faisqueira, Santa Edwirge e Nossa Senhora do Pilar Número de afetados: 200
07/04/2019	CEMADEN/MCTI	Enxurrada/Alagamento	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: BAIXA PRECISÃO. Bairros São Judas Tadeu e Faisqueira.

Data	Tipo/ Fonte	Evento	Descrição
11/02/2020	CEMADEN/MCTI	Inundação	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: MÉDIA PRECISÃO. Rua Antônio Scodeller.
08/03/2020	CEMADEN/MCTI	Enxurrada	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: AUSENTE Localização da ocorrência no mapa: lat:-22.264900939042427; long:-45.93997119936775
14/12/2020	CEMADEN/MCTI	Alagamento	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: MÉDIA PRECISÃO Rua Comendador José Garcia
07/01/2021	CEMADEN/MCTI	Enxurrada	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: BAIXA PRECISÃO Paróquia de São Cristóvão - Avenida 19 de Outubro - São Cristóvão.
09/02/2021	CEMADEN/MCTI	Alagamento	Magnitude do Evento: Pequeno Porte Precisão de localização da ocorrência: MÉDIA PRECISÃO Avenida Prefeito Olavo Gomes de Oliveira.

Fonte dos dados: S2iD e CEMADEN/MCTI / Data source: S2iD and CEMADEN/MCTI.

Apresentamos o mapa de evolução das áreas urbanizadas do município, onde as manchas cinzas representam a área desenvolvida até o ano de 2000; as manchas vermelhas, o quanto essa área aumentou de 2001 a 2010; e, as amarelas, até o ano de 2019 (fig. 5).

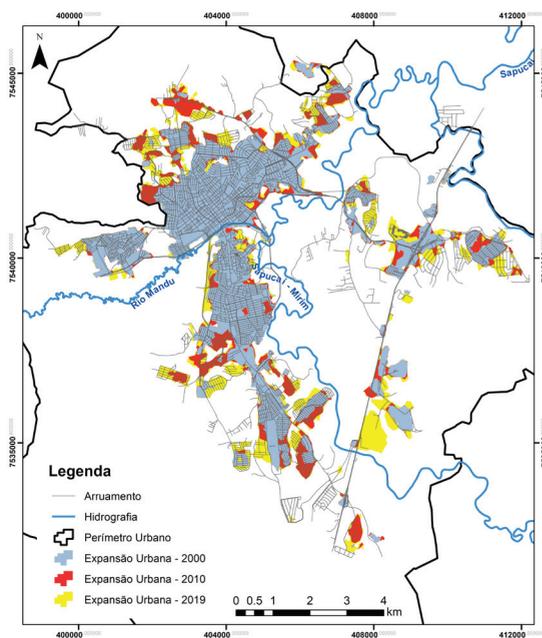


Fig. 5 - Mapa de evolução das áreas urbanizadas (Fonte: Souza et al., 2020).

Fig. 5 - Map of urban growth (Source: Souza et al., 2020).

No ano de 2000, a área relativa à infraestrutura urbana, ou seja, áreas de fato urbanizadas apresentaram cerca de 22,80 km². É possível observar uma distribuição heterogênea do tecido urbano e concentrações acima do Rio Mandu e sequencialmente ao Rio Sapucaí Mirim. Já no ano de 2010, é verificado um aumento para 29,14 km², distribuídos na região norte, leste e sul do município, seguindo o traçado urbano consolidado. O mesmo acontece para o ano de 2019, quando a área do município chega a 37,63 km². A

fig.6 apresenta um comparativo entre a expansão urbana e o aumento da população ao longo de quase 10 anos. A partir do gráfico, infere-se que o crescimento da malha urbana, que aumentou em 14,83 km² entre os anos de 2000 e 2019 acompanhou o crescimento da população, que era de 106.776 no ano 2000 e foi estimada em 154.293 habitantes no ano de 2020.

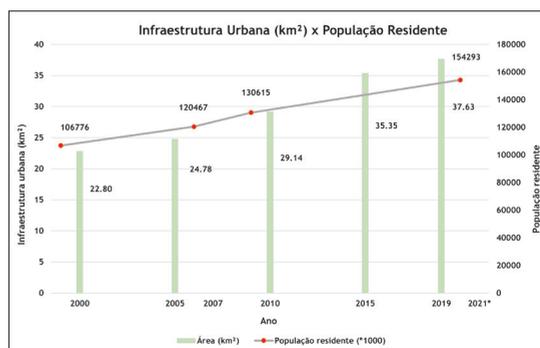


Fig. 6 - Gráfico comparativo Área Urbanizada e População (Fonte: IBGE, 2012; Souza et al., 2020).

Fig. 6 - Comparison chart of Urban Area and Population (Sources: IBGE, 2012; Souza et al., 2020)

A partir dos dados de expansão destacados nas fig.5 e fig.6, foi feita uma demonstração espacial das ocorrências (fig. 7) descritas na TABELA III, compreendendo os seguintes períodos: 1997 a 2005, 2010 a 2015 e 2015 a 2020. Para os anos de 2004, 2007 e 2009 não foram registradas as localidades exatas das ocorrências, portanto, estes eventos não estão espacializados no mapa.

Pode-se observar que, enquanto alguns bairros deixaram de registrar ocorrências, outros como São Geraldo, Faisqueira e Fosh II continuaram a apresentar novos registros ao longo dos anos, sendo o São Geraldo o local com maior constância de eventos no período estudado. Destaque para áreas compreendidas pela BATER junto a confluência dos Rios Mandu e Sapucaí-Mirim, onde encontram-se setores classificados como de Alta Vulnerabilidade Social (fig. 4), como no caso do bairro São Geraldo. Além disso,

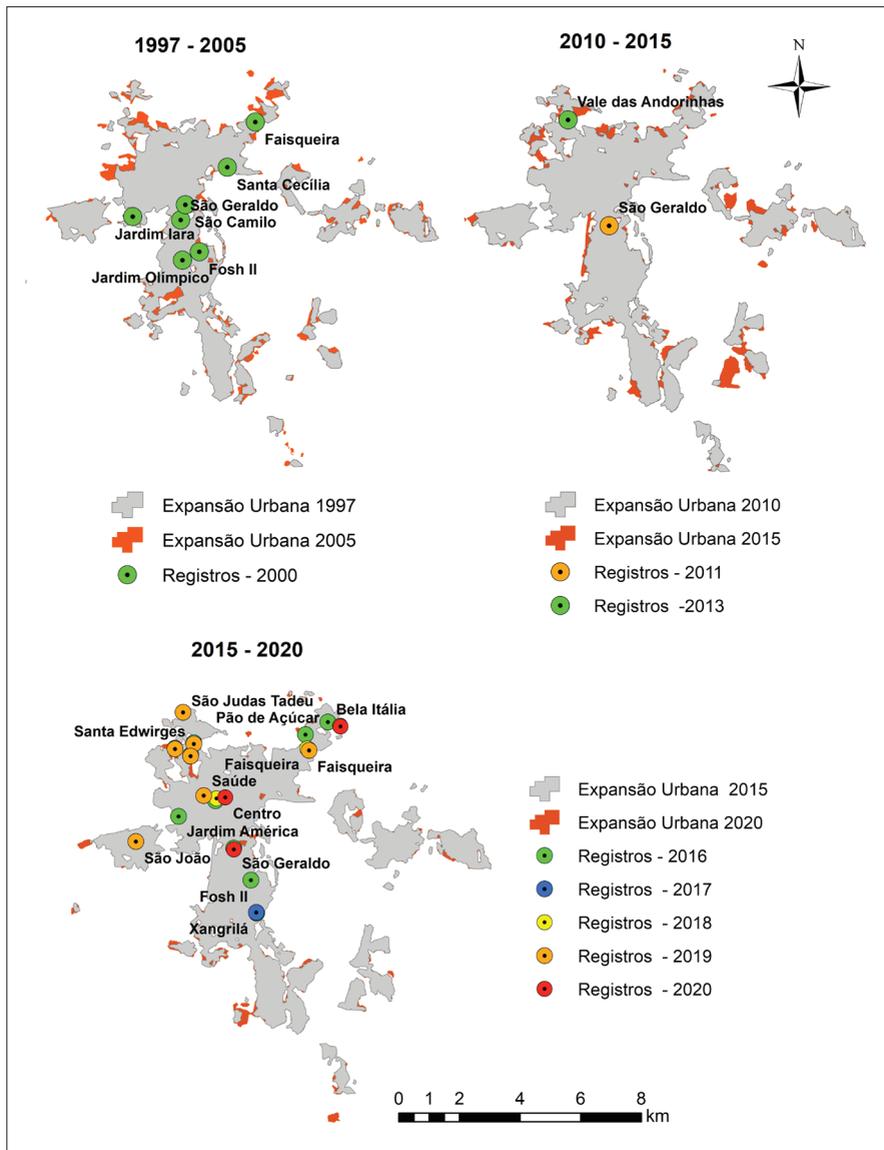


Fig. 7 - Espacialização de ocorrências nos períodos 1997/2005; 2010/2015 e 2015/2020
(Fonte dos dados: Mapbiomas, S2iD e CEMADEN/MCTI).

Fig. 7 - Spatial distribution of occurrences in the periods 1997/2005, 2010/2015, and 2015/2020
(Data source: Mapbiomas, S2iD and CEMADEN/MCTI).

o polígono de maior dimensão mostrado na fig. 2 possui cerca de 4.710 domicílios e 16.590 moradores. Por fim, nota-se, também, que a partir do ano de 2016, eventos são registrados em locais que, até então, não havia nenhum registro, além de não serem compreendidos pelas áreas de BATER (Base Territorial Estatística de Área de Risco) relacionadas à inundação e enurradas, em especial, na região norte do município (fig. 2).

Por fim, vale ressaltar que, apesar de ser possível verificar através de reportagens jornalísticas que a construção dos diques foi benéfica quanto à dimensão dos desastres ocorridos, não foram encontrados dados oficiais quanto a magnitude destes eventos para os anos

compreendidos entre 1997 e 2015. Nos anos subsequentes a este período, a magnitude da maioria dos eventos foi classificada como sendo de pequeno porte, sobretudo dos dados advindos do Cemaden/MCTI.

Instrumentos legais de planejamento no contexto da capacidade

A legislação urbana no Brasil tem seu início a partir da Constituição Federal de 1988, cujo documento apresenta instrumentos políticos e diretrizes acerca do assunto. Gagens e Bel (2018) ressaltaram a importância desta constituição, dado o fato de a mesma estabelecer os artigos 182 e 183, que traçam diretrizes gerais da política urbana no Brasil e dá outras providências, considerando-se

este o marco da política urbana no Brasil. Em julho de 2001, a Lei Federal nº 10.257, conhecida como Estatuto da Cidade, regulamenta tais artigos e estabelece o Plano Diretor como instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

Ainda sobre a Constituição Federal de 1988, está determinado ser competência da União planejar e promover a defesa permanente contra calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações (BRASIL, inciso art. 21, XVIII). Somente em abril de 2012, a Lei nº 12.608 vem regulamentar esse artigo, instituindo a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. O Art. 2º da Lei 12.608 confere aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios o dever de adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre e um dos objetivos da lei, contido no Art. 5º, inciso XI, consiste em combater a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco e promover a realocação da população residente nessas áreas.

O município de Pouso Alegre conta com a proposição de dois planos diretores: o primeiro, que data do ano de 2008 (PDM-2008), e o segundo, aprovado em setembro de 2021 (PDM-2021). Ainda que formulado após a inundação ocorrida no ano de 2000, considerada o evento de maior impacto negativo aos municípios, o primeiro plano diretor da cidade aborda de maneira superficial o assunto, traçando mais estratégias relacionadas ao controle da ocupação e do adensamento populacional, expansão urbana e meio ambiente. Diretamente relacionado aos desastres aqui discutidos, o plano determina áreas de reassentamento de população localizada em áreas de risco ou proteção ambiental.

Nos anos subsequentes à aprovação do PDM-2008, o município passou por desenvolvimento econômico expressivo, com a abertura de empresas e indústrias que se tornaram atrativos para mão de obra provida de outras localidades. Com o conseqüente aumento da população, o crescimento desordenado e a queda na qualidade dos serviços públicos ofertados tornaram-se notáveis e, também, motivos de descontentamento por parte da população.

Para o desenvolvimento do plano mais recente, foi elaborado um diagnóstico, cujo relatório gerou os chamados “Produtos”, a partir dos quais foram apresentados os resultados obtidos relativos aos aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais. A partir de um dos documentos gerados por este processo, o “Produto 9: Resumo Executivo e Normativas Técnicas”, foi possível verificar trechos que abordam o tema de desastres no município.

No prognóstico geral acerca do saneamento, o documento considera o acelerado processo de urbanização uma das causas de eventuais problemas ambientais, citando, por exemplo, a ocupação de áreas urbanas mais suscetíveis,

como os fundos de vales. Ressalta que o município não possui um plano diretor de macrodrenagem e destaca a existência de problemas com o escoamento de águas superficiais, sendo a bacia do bairro Primavera citada como uma das regiões mais problemáticas em relação às inundações.

No PDM-2021, o tema “desastre” foi encontrado com maior frequência quando comparado ao plano anterior, trazendo como um de seus “Princípios, Diretrizes e Objetivos”, o controle da expansão urbana, a fim de evitar a ocupação de áreas de riscos e a urbanização de áreas precárias. Nesse sentido, foram criadas diretrizes de estratégia territorial a partir das chamadas “Macrozonas” - ordenadoras do território urbano e rural, e dos “Eixos de Estruturação de Transformação” - compostos pela malha viária, o sistema hídrico e as áreas de risco do município.

Dentre os eixos criados, está a “Rede Estrutural de Resiliência Urbana”, que, segundo o documento, corresponde ao sistema de controle de enchentes e riscos de inundação, e tem como principal objetivo conter possíveis enchentes do Rio Sapucaí, Sapucaí Mirim e Mandu, contribuindo para redução da vulnerabilidade a eventos extremos de chuvas e desastres.

Quanto ao macrozoneamento, foram criadas as Zonas Especiais de Projetos Urbanos (ZEPU), que destinam vazios urbanos do território à criação de projetos urbanos que venham a contribuir com a redução de riscos e desastres, assim como conferir melhor qualidade de vida à população. Ainda abrangendo o tema em questão, pode-se citar as Zonas Especiais de Preservação Ambiental de Áreas de Proteção à Riscos de Desastres (ZEPAM 3), que abrangem áreas sujeitas a inundação, onde ficam vetados o parcelamento do solo, os usos “[...] residenciais e não-residenciais, exceto agropecuários, extrativistas, de interesse turístico, lazer, preservação ambiental, geração de energia de fontes alternativas e sustentáveis e obras de infraestrutura para controle de enchentes e alagamentos” (PMPA, 2020).

O PDM-2021 promove a utilização de Instrumentos de Política Urbana, como a transferência do direito de construir, quando se tratar de imóvel lindeiro ou situado em área de riscos ambientais, e Zona Especial de Preservação Ambiental de Proteção à Riscos e Desastres (ZEPAM 3). Além disso, estipula prazos para a criação de políticas como a Política municipal de redução de risco e a Política de saneamento básico municipal. Quanto às modificações realizadas no Macrozoneamento existente, destaca-se a ampliação das Zonas de Expansão Urbana (ZEU), que passam a abranger áreas da sub zona de amortecimento do Parque Municipal e Reserva Biológica de Pouso Alegre, permitindo a construção de prédios e o adensamento populacional em áreas consideradas estratégicas para a conservação ambiental.

Vale ressaltar que, anteriormente à aprovação do projeto de lei que dispunha sobre o novo Plano Diretor (PDM-2021), o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU) se posicionou manifestando preocupação quanto à ampliação das ZEU, afirmando que tal medida culminaria em efeitos negativos ao meio ambiente e ao saneamento ambiental, além de prejudicar a paisagem urbana local.

Apesar de não haver menção à Defesa Civil no PDM-2021, em julho do mesmo ano foi criada a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) do município através da Lei Ordinária n.º 6425/2021 e regulamentada por meio do Decreto n.º 5333/2021. Por outro lado, a Defesa Civil Municipal é citada ao menos sete vezes no Código de Obras do município (Lei Ordinária n.º 6570 de março de 2022). Em um aspecto geral, define a competência às entidades do Poder Executivo, proprietários de edificação e responsáveis técnicos em acionar o órgão de Coordenação de Defesa Civil quando há manifestação “*de fenômeno natural ou induzido que coloque em risco a vida ou patrimônio público ou particular*”, assim como realização de perícias técnicas. Por fim, outras atividades relativas à Proteção e Defesa civil, tais como executar a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) em âmbito local e incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal estão descritas na Lei Ordinária n.º 6425/2021. Esta Lei, embora programada revisão para no máximo cento e oitenta dias a contar da aprovação do PDM-2021, e incorporar as ações de Proteção e Defesa Civil, outras, como a elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos e Desastres, possuem previsão de até quatro anos para sua elaboração. Tal situação dificulta a elaboração de um Plano, de fato, voltado à redução de riscos de desastres, postergando ações valiosas que contribuam para gestão de riscos locais.

Conclusão

Este trabalho pretendeu explorar as diferentes componentes do risco de desastres em relação à expansão urbana e principais instrumentos de planejamento urbano, em uma cidade média monitorada pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN).

Quanto às ocorrências de eventos extremos, foi observado que a tendência de eventos extremos de chuvas não é de aumento no município de Pouso Alegre, ao contrário do que se nota nos registros de ocorrência de inundações e alagamentos, nos quais permanece a existência de ocorrências inclusive em áreas do município onde nos anos anteriores não era observado o risco dessa tipologia de desastre. Além disso, foi constatado também que as áreas socialmente mais vulneráveis coincidem com as áreas mapeadas pela CPRM, estas consideradas mais suscetíveis ao risco de desastres.

A respeito dos instrumentos de planejamento consultados, nota-se avanço na proposta de ações em prol da gestão do risco de desastres quando comparados o PDM-2008 com o PDM-2021, uma vez que, neste último, o assunto é abrangido mais amplamente, além de existir a criação de estratégias mais direcionadas à real necessidade do município. Por outro lado, as questões relacionadas à Proteção e Defesa Civil ficaram mais estritamente descritas no Código de Obras e não necessariamente no PDM-2021.

Há necessidade da redução da vulnerabilidade da população que habita as áreas de risco a desastres. Além disso, pode-se considerar contraditória a estratégia de ampliação e adensamento da ZEU, pois, ainda que a zona citada não esteja situada em uma área de risco a desastres, o impacto para ações neste âmbito deve ser avaliado de maneira a abranger o território como um todo.

Por fim, as análises aqui realizadas demonstram o quão abrangente podem ser as circunstâncias que interferem na ocorrência de um desastre e na redução do risco de desastres. Portanto, ações tomadas frente a este contexto devem compreender estratégias de natureza multidisciplinar, orientadas por perspectivas de diferentes campos do conhecimento de maneira integrada a fim de se minimizar os impactos causados na vida da população.

Trabalhos futuros poderão considerar o aprofundamento nas séries históricas de precipitação na região em estudo através de outros indicadores, atualização do contexto da vulnerabilidade social aqui demonstrada, assim como análises da eficiência dos instrumentos de planejamento urbano frente ao desenvolvimento e redução de risco de desastres no município de Pouso Alegre.

Referências bibliográficas

- Assis Dias, M. C. D., Saito, S. M., Alvalá, R. C. D. S., Stenner, C., Pinho, G., Nobre, C. A., Fonseca, M. R. D. S., Santos, C., Amadeu, P., Silva, D., Lima, C. O., Ribeiro, J., Nascimento, F., & Corrêa, C. de O. (2018). Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 449-459.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.002>
- Assis Dias, M. C. D., Saito, S. M., Alvalá, R. C. D. S., Seluchi, M. E., Bernardes, T., Camarinha, P. I. M., Stenner, C., & Nobre, C. A. (2020). Vulnerability index related to populations at-risk for landslides in the Brazilian Early Warning System (Bews). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49, 101742.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101742>
- Bernardini, S. P. (2017). Regulação às avessas? Uma análise sobre a legislação urbanística instituída nos municípios da Região Metropolitana de Campinas

- entre 1970 e 2006. *Cadernos Metrópole*, 19, 609-634.
DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2017-3911>
- BRASIL (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, Diário Oficial da União.
- BRASIL (2001). Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui o Estatuto da Cidade. Brasília, Diário Oficial da União, seção 1.
- BRASIL (2012). Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Brasília, Diário Oficial da União, seção 1, edição nº 70.
- BRASIL (2020). Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros 2020. Rio de Janeiro.
- BRASIL (2023). Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Atlas Digital de Desastres no Brasil. Brasília: MIDR.
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS - CRED (2020a). The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019). Brussels: CRED; 2020. Available at: <https://www.cred.be/sites/default/files/CRED-Disaster-Report-Human-Cost2000-2019.pdf>
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS - CRED (2020b). Natural Disasters 2019. Brussels: CRED. Available at: https://emdat.be/sites/default/files/adsr_2019.pdf
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS - CRED (2024). Disasters in Numbers - 2023. Brussels: CRED.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2018). População em áreas de risco no Brasil. Rio de Janeiro.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES - CEPED (2023). Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2022. Volume Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. - Florianópolis: CEPED UFSC, 165 p.
- Coutinho, M. P., Londe, L. de R., Santos, L. B. L., & Leal, P. J. V. (2015). Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil. *urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7(3), 383-396.
DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.003.ao06>
- Dos Santos Alvalá, R. C., De Assis Dias, M. C., Saito, S. M., Stenner, C., Franco, C., Amadeu, P., Ribeiro, J., Souza De Moraes Santana, R. A., & Nobre, C. A. (2019). Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, 101326.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101326>
- Gadens, L. N., & Bel, J. S. (2018). Planejamento urbano flexível na cidade contemporânea: contribuições a partir da análise do Plano 22@ Barcelona. *urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 10(3), 558-575.
DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.003.ao05>
- Gencer, E. A. (2013). Natural disasters, urban vulnerability, and risk management: A theoretical overview. Em *The Interplay between Urban Development, Vulnerability, and Risk Management*, Springer Berlin Heidelberg, 7-43.
- Gouvêa, O. (2004). A história de Pouso Alegre. 2. ed. Pouso Alegre: Grá-ca Amaral.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2012) Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2023). Censo 2022: População e Domicílios - Primeiros Resultados - Atualizado em 22/12/2023
- INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030. https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
- Kelman, I. (2019). Axioms and Actions for Preventing Disasters. *Progress in Disaster Science*, [s. l.], v. 2.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100008>
- Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Measures. Ed. Charles Griffin. London. Lira, C. S.
- Ku, C.-A. (2024). Evaluating the effects of land-use strategies on future flood risk reduction in urban areas. *Cities*, 150, 104989.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104989>
- Ludwig, L., Mattedi, M. A., & Avila, M. R. (2020). Urban Planning and socioenvironmental disasters: The myth of urban expansion in Blumenau/SC. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 13.
DOI: <https://doi.org/10.11144/javeriana.cvu13.upsd>
- Luiza Petroni, M., Siqueira-Gay, J., & Lucia Casteli Figueiredo Gallardo, A. (2022). Understanding land use change impacts on ecosystem services within urban protected areas. *Landscape and Urban Planning*, 223, 104404.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104404>
- Malik, K. (2013). *The rise of the South: Human progress in a diverse world*. United Nations Development Programm.

- Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 13(3), 245. DOI: <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Medeiros, C. N. de. (2018) *Mapeamento da vulnerabilidade socioambiental utilizando ferramentas de geoprocessamento*. Fortaleza, CE: IPECE. (126). Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/12/TD_126.pdf, acessado em: 15 fev. 2022.
- Monte, B. E. O., Goldenfum, J. A., Michel, G. P., Cavalcanti, J. R. D. A. (2021). Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, [s. l.], v. 52, p. 101970. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212420920314722>, acessado em: maio, 2024.
- Prashar, N., Lakra, H. S., Shaw, R., & Kaur, H. (2023). Urban Flood Resilience: A comprehensive review of assessment methods, tools, and techniques to manage disaster. *Progress in Disaster Science*, 20, 100299. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100299>
- PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE (2020). Plano Diretor Municipal. Produto 9: Resumo Executivo e Normativas Técnicas. Pouso Alegre.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE (2008). Lei Ordinária nº 4707, de 30 de junho de 2008. Institui o Plano Diretor do Município de Pouso Alegre.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE (2021). Lei Ordinária nº 6476, de 23 de setembro de 2021. Dispõe sobre o Plano Diretor de Pouso Alegre de acordo com o disposto no art. 40, § 3º, do Estatuto da Cidade, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do município.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE (2022). Lei Ordinária nº 6570, de 17 de março de 2022. Dispõe sobre o Código de Obras de Pouso Alegre/MG e dá outras providências de acordo com a Lei nº 6.476, de 23 de setembro de 2021 - Plano Diretor.
- Ribeiro, M. P., Menezes, G. P., Figueiredo, G. K. D. A., De Mello, K., & Valente, R. A. (2024). Impacts of urban landscape pattern changes on land surface temperature in Southeast Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 101142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101142>
- Saraiva Farinha, M. J. U., Berezuk, A. G., Filho, A. S., Da Silva, L. F., Ruviano, C. F., & Bernardo, L. V. M. (2024). Public environmental actions and urban land use planning in the Central-west Region of Brazil. *Urban Forestry & Urban Greening*, 92, 128209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128209>
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM (2014). Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa - Pouso Alegre - Minas Gerais. Pouso Alegre.
- Souza, C. M., Jr, Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- HAZARD DEFINITION AND CLASSIFICATION REVIEW: TECHNICAL REPORT | UNDRR. (2020, julho 28). <http://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review-technical-report>
- UNITED NATIONS - UN (2020). Local Governments and Disaster Risk Reduction Good Practices and Lessons Learned. Switzerland.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - UNISDR (2009). Terminology on Disaster Risk Reduction. <http://www.preventionweb.net/english/professional/terminology/>. Acesso em: maio, 2024.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNISDR; UNITED NATIONS CHILDREN FUND - UNICE. (2011). Children and disasters: Building resilience through education, 203 p.
- UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - UNISDR (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030. Disponível em: http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf, acessado em: maio, 2024.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR (2017). Terminology on Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/disaster-risk>
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR (2020). Hazard definition and classification review: Technical report. Disponível em: <http://www.undrr.org/publication/hazard-definition-and-classification-review-technical-report>, acessado em: maio, 2024.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR (2021). *Hazard Information Profiles: Supplement to UNDRR-ISC Hazard Definition & Classification Review: Technical Report*. Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction; Paris, France, International Science Council. DOI: <https://doi.org/10.24948/2021.05>
- Valencio, N. (2009). Da área de risco ao abrigo temporário: uma análise dos conflitos subjacentes a uma territorialidade precária. In: Valencio, N. et al. (orgs.).

Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora.

Wisner, B. (2016). Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. Em: WISNER, B. (Ed.). Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. [s.l.]: Oxford University Press.

Wisner, B., Gaillard, J. C., Kelman, I. (2012). *Framing Disaster from: The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*, Routledge.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. (2009). *Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation*. Geneva. No. 1500.