

DESASTRES NATURAIS EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SOCIAIS E DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

Marcos Samuel Matias Ribeiro¹, Lara de Melo Barbosa Andrade², Gilvan Ramalho Guedes³, Daniele Tôrres Rodrigues⁴, Kenya Valeria Micaela de Souza Noronha⁵, Albert Smith Feitosa Suassuna Martins², Amanda Teotônio da Silva², Cláudio Moisés Santos e Silva²

¹ Campus Paragominas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas, Pará, Brasil.

² Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

³ Departamento de Demografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Rio Grande do Norte, Brasil.

⁴ Departamento de Estatística da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, Piauí, Brasil

⁵ Departamento de Economia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Rio Grande do Norte, Brasil.

RESUMO

Dados indicam aumento no número de desastres naturais em Minas Gerais-Brasil ao longo do tempo, causando danos sociais e econômicos. Compreender as ocorrências de desastres naturais, conectados às condições sociais, associados aos extremos de precipitações, torna-se cada vez mais importante. Neste contexto, objetiva-se analisar os desastres naturais registrados em Minas Gerais entre os anos de 1991 e 2016, identificando perfis das características municipais quanto aos eventos secas/estiagens e inundações/enxurradas, considerando inter-relação das condições sociodemográficas, interligados com os extremos de precipitação. Várias fontes de informação foram usadas e utilizou-se o *GoM*. Dentre diversos resultados, destacam-se as áreas com os maiores registros de ocorrência de desastres naturais, são aquelas com condições sociais precárias.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Índices extremos; Vulnerabilidade

Área Temática: 2. Demografia

Financiamento: Não tem financiamento

DESASTRES NATURAIS EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SOCIAIS E DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem-se ampliado o debate envolvendo mudanças climáticas, suas causas e efeitos, sobre a questão ambiental e sobre a dimensão humana. Os efeitos das mudanças climáticas já vêm causando graves problemas para a sociedade contemporânea e as projeções indicam possibilidades de amplos impactos futuros. Nesse contexto, os estudos sobre as consequências das mudanças climáticas e sobre as possíveis políticas para a redução de seus efeitos tornam-se prioridade, configurando-se um importante desafio da humanidade na atualidade (CONFALONIERI et al., 2007; CONFALONIERI, MARINHO, 2007; PÖRTNER et al., 2021). As discussões sobre o fenômeno das mudanças climáticas mostram de maneira inequívoca o papel das populações humanas sobre esse processo, com tendências de alterações na disponibilidade de recursos naturais (ex. água potável) e necessidade de preservação ambiental (IPCC, 2021). Um ponto forte do debate se refere aos muitos aspectos dos efeitos dessas mudanças na dimensão humana – impactos econômicos, sociais e culturais, bem como nas condições de saúde (MENEZES et al., 2018; ANDRADE et al., 2021).

As mudanças climáticas são, em certa medida, imprevisíveis e desconhecem limites geográficos tendo uma característica de globalidade. Além disso, os seus efeitos são percebidos no curto e longo prazo, sendo, portanto, um fenômeno intergeracional (WEISS, 2008). Devido à sua abrangência temporal e espacial, os impactos das mudanças climáticas e as discussões políticas de mitigação têm envolvido múltiplos atores incluindo a comunidade científica, gestores, e as sociedades em geral (Haylock et al., 2006; PBMC, 2016 a, b; WHO, 2018).

Os Relatórios de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – Fourth and Fifth Assessment Reports – IPCC AR4 e AR5*) mostram evidências empíricas e projeções do sistema climático que indicam a impacto direto do aquecimento global com mudanças em padrões climáticos em diferentes escalas de tempo e espaço ao redor do mundo. Diante de tais evidências, têm-se observado com maior frequência e intensidade alterações dos comportamentos espaciais e temporais da temperatura do ar e precipitação (Raziei et al., 2014; Tian et al., 2017; PBMC, 2016; PÖRTNER et al., 2021). Os eventos extremos em termos meteorológicos estão associados às alterações dos padrões atmosféricos condicionantes atuantes numa região (MARENGO et al., 2007; MARENGO et al., 2009; SILVA DIAS, 2014; MARENGO et al., 2021). E em um cenário de mudanças climáticas, tem-se observado nos últimos anos, tendência crescente de ocorrências de eventos extremos precipitação, tais como chuvas intensas, secas e estiagens, que podem ocasionar desastres naturais.

O Brasil tem sido apontado como um dos países em que os padrões de mudanças climáticas são proeminentes e também se pode constatar, que nas últimas décadas, várias regiões do Brasil vêm sendo fortemente atingidas por desastres naturais, sendo a maior parcela de desastres de origem climatológica e hidrológica (TORRES et al., 2012; SANTOS et al., 2020; PEREZ et al., 2020). Ao longo dos anos, tem-se observado um aumento considerável nas ocorrências dos desastres não só na frequência e intensidade, mas nos impactos, com danos e prejuízos cada vez maiores. Essas estatísticas mostraram números consideráveis de perdas humanas e materiais para as sociedades

afetadas, além das consequências danosas ao ambiente (TOMINAGA et al., 2009; FREITAS et al., 2020).

As estiagens e secas são definidas por períodos prolongados de baixa ou ausência de chuvas, de forma que a falta de precipitação volumétrica gere desequilíbrio na área afetada. Caracterizada como um desastre natural de início lento, a seca é geralmente descrita como um fenômeno sorrateiro, podendo ser vista como uma irregularidade em relação às condições climáticas de longo prazo das variáveis de precipitação, umidade do solo, água subterrânea e vazão fluvial (MARENGO, 2009; TORRES, MARENGO, 2014; DE NYS, ENGLE, MAGALHÃES, 2016; SANTOS et al., 2020).

O excesso de precipitação pode ocasionar as inundações, popularmente conhecidas como enchentes, e as enxurradas. As enchentes são caracterizadas pelo aumento do nível do curso de água além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento sobre o seu entorno (MARENGO, 2009; MINERVINO, DUARTE, 2016; PEREZ et al., 2020). As enxurradas são definidas pelo fluxo concentrado de água superficial com alta energia de transporte, causada por chuvas fortes e/ou concentradas, ocorrendo com mais frequência em terrenos com declives naturais mais elevados (TOMINAGA et al., 2009).

A ocorrência desses desastres naturais, quando combinada com um contexto de maior vulnerabilidade socioambiental, pode ocasionar amplos danos para sociedade. Alguns desses danos são irreparáveis uma vez que podem causar mortes, feridos, desabrigados, prejuízos econômicos e malefícios ao meio ambiente (HACON et al., 2018; BRANDÃO, 2001; BOTZEN et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021). Os impactos vivenciados pela ocorrência de um desastre natural poderão ser distintos entre as áreas afetadas, dependendo da infraestrutura domiciliar, da estrutura social-econômica e demográfica e do risco geológico (PIELKE, CARBONE, 2002). Nesse sentido, diversos estudos chamam atenção para a incorporação da abordagem da construção social nos estudos dos desastres naturais (MONTZ, TOBIN, 1997; MARCELINO, 2008; WANG, YE, 2018).

Na região sudeste, onde o Estado de Minas Gerais é localizado, podem-se verificar registros de episódios de secas e de excesso de precipitação. A seca tem amplas implicações na região, podendo provocar impactos no abastecimento de água, geração de energia, atividades agrícolas e pecuárias, com danos econômicos e sociais muitas vezes irreparáveis (NERY, MALVESTIO, 2017; COELHO et al., 2016). Os registros de excesso de precipitação são também frequentes e, dependendo da sua intensidade, tem gerado danos econômicos e sociais à população da região, com registros recorrentes de mortes e de perdas materiais como residências e infraestrutura das localidades atingidas (TOMINAGA et al., 2009; HACON et al., 2018; PEREZ et al., 2020). Especificamente em relação a Minas Gerais, atualmente o estado é fortemente afetado por desastres naturais, alcançando a marca de 5.250 episódios notificados no período de 1991 a 2016, principalmente por secas, estiagens, inundações e enxurradas. Quando se observa a série histórica dos registros de desastres naturais no Estado, assim como o Brasil, percebe-se uma elevação de ocorrências em anos mais recentes (NUNES et al., 2018)

O objetivo do estudo é analisar a ocorrência dos desastres naturais nos municípios de Minas Gerais no período 1991 a 2016, investigando a sua relação com os episódios de extremos meteorológicos de precipitação e as condições sociodemográficas. Para essa análise, são construídas duas tipologias das características municipais. A primeira refere-se à ocorrência dos desastres de secas/estiagens e a segunda, das inundações/enxurradas. Na construção das duas tipologias, são

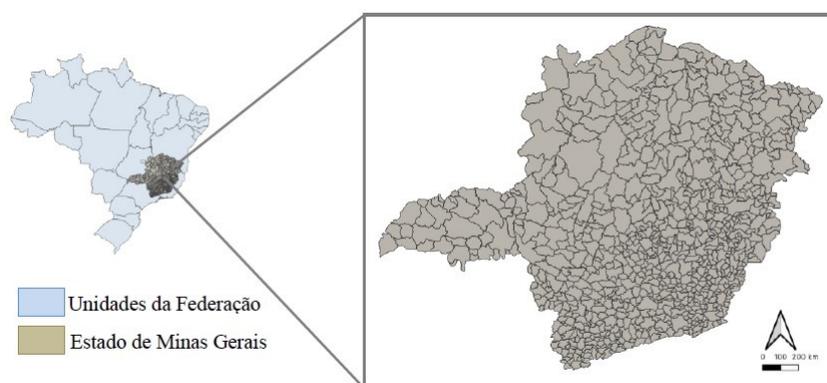
consideradas as condições sociais e demográficas e os eventos de extremos meteorológicos de precipitação do município.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estado de Minas Gerais localiza-se na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 14°13'57'' e 22°55'47'' e as longitudes 39°51'24'' e 51°02'56'', e é constituído por 853 municípios, correspondendo a uma área territorial, em 2021, de 583.513,983 km^2 , equivalente a 63,15% do território da região Sudeste do Brasil (Figura 1). A população estimada para Minas Gerais, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, é de 21.411.923 habitantes em 2021, sendo o segundo estado mais populoso do Brasil, atrás apenas da população do estado de São Paulo.

Figura 1 – Mapa de localização do estado de Minas Gerais



Minas Gerais apresenta características e particularidades quanto a sua variabilidade climática, com uma precipitação média anual variando entre 650 e 1750 mm e temperaturas médias entre 14° C e 29° C (REBOITA et al., 2015). De acordo com a classificação climática de Köppen (1936) o clima predominante no Estado é o tropical com inverno seco (Aw) (REBOITA et al., 2015; MARTINS et al., 2018). O extremo sul mineiro apresenta clima temperado quente (Cwa e Cwb) (SÁ JÚNIOR, 2009, REBOITA et al., 2015; MARTINS et al., 2018) e o extremo norte do Estado possui áreas com clima árido (BSh e BWh) (REBOITA et al., 2015; MARTINS et al., 2018).

A alta variabilidade climática de Minas Gerais torna a distribuição espaço temporal da precipitação um dos fatores significativos quanto aos quantitativos pluviométricos. De forma geral, os menores quantitativos de chuva ocorrem na porção norte, enquanto os maiores acumulados precipitação ocorrem na parte sul do Estado (SOUZA et al., 2006, DA SILVA et al. 2014; MARTINS et al., 2018). No Estado, a precipitação é influenciada pelo sistema de monção da América do Sul (Lima et al., 2010, REBOITA et al., 2015, MARTINS et al., 2018). O principal sistema meteorológico de grande escala que atua na região é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (REBOITA et al., 2010, LIMA et al., 2010), que causa cerca de 47% da precipitação total durante o período chuvoso da região Sudeste do Brasil (Lima et al., 2010).

Material

Os dados das ocorrências de desastres naturais utilizados no estudo provieram de duas diferentes bases de informação para os 853 municípios do estado de Minas Gerais. Para o período de 1991 a 2002, foram utilizados os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais que são disponibilizados pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisa em Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com a Secretaria Nacional de Defesa Civil. As informações dos desastres naturais referentes ao período 2003 e 2016 foram obtidas mediante consulta da série histórica dos dados levantados pelo Sistema Integrado de Registros de Desastres (S2iD). A série histórica contém as informações principais sobre os Reconhecimentos Federais de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública, realizados pela SEDEC. Considerou-se o total dos desastres naturais classificados como: seca/estiagem e enxurradas/inundações que representam 95% dos desastres registrados entre os anos de 1991 a 2016. O número total de desastres naturais notificados no estado de Minas Gerais foi de 5.250 casos, sendo 2.244 ocorrências de inundações e enxurradas e 3.006 registros de secas e estiagens.

Os dados das condições sociais e demográficas foram obtidos a partir do Censo Demográfico do Brasil de 2010, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Selecionaram-se 13 variáveis (Tabela 1) de forma a considerar fatores que permeiam processos sociais que expressam condições de vida e que se traduzem em distintas vulnerabilidades. Aspectos relacionados à proteção social (saúde, educação, renda, trabalho), à situação de infraestrutura domiciliar (abastecimento de água, esgotamento sanitário, condição da parede da habitação) e a concentração de grupos sociais considerados mais suscetíveis (crianças e idosos) são fatores considerados decisivos para identificação de condições que podem tornar determinadas áreas mais vulneráveis frente à ocorrência de um evento de origem natural, como por exemplo, um episódio de chuva intensa. Vários autores argumentam que o desastre natural essencialmente é um problema de ordem socioambiental. (Freitas et al, 2020).

As informações meteorológicas utilizadas no estudo foram oriundas da base de dados construída pela parceria entre a Universidade do Texas e a Universidade Federal do Espírito Santo, com metodologia descrita por Xavier et al. (2015). Os dados são organizados em uma grade regular de $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ e contempla várias variáveis meteorológicas. Para o presente estudo utilizou-se os dados de precipitação acumulada diária. Originalmente, a base de dados utilizada por Xavier et al. (2015) contempla 3.625 pluviômetros e 735 estações meteorológicas e cobre o período de 1980 a 2013. Para se chegar aos dados em formato de grade, os autores utilizaram diferentes técnicas de interpolação, que foram analisadas e validadas para as informações em análise. Os dados são de livre acesso e se encontram disponíveis em: <https://utexas.box.com/Xavier-et-al-IJOC-DATA>.

Para analisar o impacto de extremos climáticos na ocorrência de desastres, utilizou-se a informação sobre precipitação acumulada diária no ponto de grade mais próximo da localização central (latitude e longitude) da sede de cada um dos 853 de Minas Gerais. Após isso, utilizou-se o algoritmo *Climdex*, desenvolvido por Zhang e Yang (2004) e gerenciado pelos pesquisadores do Centro de Pesquisa em Mudanças Climáticas da Universidade de New South Wales para determinar 27 índices de extremos climáticos. Entretanto, foram usados 6 índices (Tabela 1), que são associados a excesso e falta de precipitação para as análises.

Tabela 1 – Descrição das variáveis selecionadas.

Variável	Sigla	Descrição
Seca e estiagem	D_SECA_EST	Número de ocorrências de seca e estiagem.
Inundação e enxurrada	D_INUN_ENX	Número de ocorrências de inundações e enxurradas.
Esperança de vida ao nascer	ESPVIDA	Número médio de anos que as pessoas deverão viver a partir do nascimento, se permanecerem constantes ao longo da vida o nível e o padrão de mortalidade por idade.
Taxa de fecundidade total	FEOTOT	Número médio de filhos que uma mulher deverá ter ao terminar o período reprodutivo.
Mortalidade até um ano de idade	MORT1	Número de crianças que não deverão sobreviver ao primeiro ano de vida em cada 1000 crianças nascidas vivas.
Razão de dependência	RAZDEP	Razão de dependência é medida pela razão entre o número de pessoas com 14 anos ou menos e de 65 anos ou mais de idade e o número de pessoas com idade de 15 a 64 anos multiplicada por 100.
Taxa de envelhecimento	T_ENV	Razão entre a população de 65 anos ou mais de idade e a população total multiplicado por 100.
Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais	T_ANALF15M	Razão entre a população de 15 anos ou mais de idade que não sabe ler nem escrever um bilhete simples e o total de pessoas nesta faixa etária multiplicado por 100.
Índice de Gini	GINI	Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar per capita.
% de vulneráveis à pobreza	PPOB	Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita igual ou inferior a R\$ 255,00 mensais, em reais de agosto de 2010, equivalente a 1/2 salário mínimo nesta data.
Renda per capita	RDPC	Razão entre o somatório da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos. Valores em reais de 01/agosto de 2010.
Taxa de atividade de 10 anos ou mais	T_ATIV	Razão entre as pessoas de 10 anos ou mais de idade que eram economicamente ativas, ou seja, que estavam ocupadas ou desocupadas na semana de referência do Censo e o total de pessoas nesta faixa etária multiplicado por 100.
% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados	AGUA_ESGOTO	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujo abastecimento de água não provem de rede geral e cujo esgotamento sanitário não é realizado por rede coletora de esgoto ou fossa séptica e a população total residente em domicílios particulares permanentes multiplicado por 100.
% de pessoas em domicílios com paredes inadequadas	PAREDE	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios cujas paredes não são de alvenaria nem de madeira aparelhada e a população total residente em domicílios particulares permanentes multiplicados por 100.

Índice de desenvolvimento humano municipal	IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Média geométrica dos índices das dimensões Renda, Educação e Longevidade, com pesos iguais.
Total anual de precipitação	PRCPTOT	Total anual de precipitação em dias úmidos ≥ 1 mm (mm).
Índice de Intensidade	SDII	Índice de intensidade de chuva (Soma da precipitação em dias chuvosos durante o ano dividido pelo número de dias chuvosos no ano).
Total anual em que a precipitação é > 95 percentis	R95pToT	Total anual em que a precipitação é > 95 percentis (mm)
Total anual em que a precipitação é > 99 percentis	R99pToT	Total anual em que a precipitação é > 99 percentis (mm)
Número de dias anual em que a precipitação ≥ 20 mm	R20mm	Número de dias anual em que a precipitação ≥ 20 mm (dias)
Número Máximo de dias secos consecutivos em que a precipitação é <1 mm	CDD	Número Máximo de dias secos consecutivos em que a precipitação é <1 mm (dias)

Métodos

Na primeira etapa do trabalho elaboraram-se mapas temáticos que permitam a análise do padrão espacial das ocorrências dos desastres naturais por seca e estiagem (desastres ocasionados por déficit de precipitação), inundações e enxurradas (desastres ocasionados por excesso de precipitação). Além disso, construíram-se mapas temáticos dos índices de extremos climáticos associados à precipitação, objetivando a seleção dos índices a serem utilizados na construção dos perfis municipais. Esses mapas foram confeccionados através do software livre de geoprocessamento *Quantum Gis* 2.18.2(QGIS 2.18.2).

A segunda etapa do trabalho foi realizada visando a construção dos perfis municipais tendo como base um amplo conjunto de variáveis (sociodemográficas, infraestrutura e episódio de eventos extremos de precipitação) que permitam caracterizar aspectos importantes das ocorrências dos desastres naturais no período 1991 a 2016 em relação aos perfis obtidos. Optou-se, no estudo, por construir duas tipologias para os municípios de Minas Gerais. A primeira levou-se em conta registros de secas e estiagens, características sociodemográficas e índices de extremos adequados para estimar déficit de precipitação. A segunda considerou os dados de eventos de enchentes e enxurradas, características sociodemográficas e índices de extremos adequados para estimar excesso de precipitação.

Para categorizar as variáveis descritas na Tabela utilizou-se a metodologia das separatrizes em função de seus quartis. Assim, as variáveis utilizadas na caracterização dos perfis municipais foram classificadas em três dimensões: i) aspectos sociais e demográficos, em que se busca caracterizar os fatores ligados aos contextos de condição de vida; ii) infraestrutura domiciliar, em que se pretende considerar as situações das habitações; iii) extremos de precipitação que reconhecidamente têm papel decisivo na ocorrência do desastre natural.

Para a construção dos perfis municipais aplicou-se a metodologia Grade of Membership (GoM), a qual é adequada quando se tem um elevado número de unidades de análises (853 municípios) e um amplo conjunto de variáveis. A questão abordada neste trabalho leva em conta uma ampla diversidade das variáveis consideradas (indicadores demográficos, renda, educação, condições das habitações e índices de extremos de precipitação), assim se faz necessário modelar a heterogeneidade das características municipais. Outra vantagem do GoM é considerar que os municípios possam não pertencer apenas a um único grupo ou perfil formado, mas sim a múltiplos conjuntos com distintos atributos (MANTON et al., 1994, GUEDES et al., 2016). Existe a possibilidade de determinado município ter graus de pertinência a diferentes tipos, ao invés de cada um ser exatamente pertencente a um perfil. Utilizando-se o método da máxima verossimilhança, com base nas variáveis consideradas no estudo, foram definidos os perfis extremos e os seus respectivos graus de pertencimento (MANTON et al., 1994, GUEDES et al., 2016).

Na aplicação do modelo são identificados dois ou mais perfis denominados perfis extremos, aos quais são relacionados os demais elementos por graus de pertencimento a partir de seus atributos, (g_{ik}) que indica o grau de pertencimento do i -ésimo elemento, ao k -ésimo conjunto ou perfil. Esses escores podem variar entre 0 (zero) e 1 (um) inclusive. O valor 0 (zero) indica que o elemento não pertence ao conjunto, e o valor 1 (um) indica que o elemento pertence integralmente ao conjunto em consideração. Contudo, pode haver municípios que o “grau de pertencimento” pode assumir um valor intermediário (entre 0 e 1), ou seja, possuem características de diferentes perfis extremos, situação em que irão se aproximar mais de um perfil do que de outros. Outro parâmetro estimado pelo modelo é λ_{kjl} que é probabilidade da resposta l , para a j -ésima variável, pelo município com k -ésimo perfil extremo. O método leva em consideração as características de cada município, definindo perfis puros (com aqueles municípios que pertencem integralmente ao perfil) e estima o grau de pertencimento de cada município a cada perfil puro baseado no modelo estatístico de máxima verossimilhança:

$$L(y) = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J \prod_{l=1}^{L_j} \left(\sum_{k=1}^K g_{ik} * \lambda_{kjl} \right)^{y_{ijl}}$$

Sendo: i = município; j = variáveis; l = categorias das variáveis j ; k = perfis; y_{ijl} = resposta 0=não; 1= sim, à categoria l da variável j ; λ_{kjl} = Probabilidade que uma resposta l de uma variável j pertencer ao perfil k ; g_{ik} = grau de pertinência de um município i ao perfil k .

Neste estudo, considerou-se como regra decisória se a estimativa de λ_{kjl} fosse significativamente maior do que a frequência marginal. Preenchida tal condição, considera-se que essa categoria seja característica dos elementos do perfil k . Neste trabalho, tomou-se a significância da estimativa λ_{kjl} , para a constituição de um perfil, se fosse maior que 1,2 vezes a respectiva frequência relativa marginal. Se λ_{kjl} é igual a 1, essa categoria foi considerada como característica dos elementos do perfil extremo k .

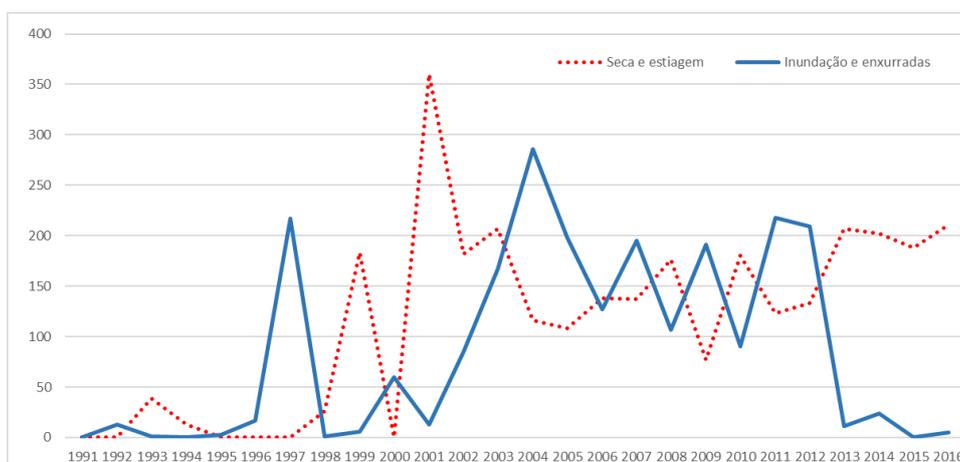
3. RESULTADOS

O estado de Minas Gerais contabilizou um total de 5.553 desastres naturais no período de 1991 a 2016, sendo 3.006 eventos de estiagem e seca (54,1%), 1.166 registros de enxurradas (21,0%) e 1.078 episódios de inundações (19,43%). Tais desastres quando contabilizados em conjunto respondem por 94,5% do total de registros. Os demais tipos de desastres (alagamento, erosões, granizos, incêndios florestais, movimentos de massa e vendavais), não considerados neste estudo, apresentaram registros reduzidos ao longo do período em análise com 303 casos.

A Figura 2 apresenta a série histórica das ocorrências de secas e estiagens e inundações e enxurradas em Minas Gerais no período considerado no estudo. Em linhas gerais, observa-se uma variabilidade do número de ocorrências ao longo do período. Os eventos de excesso de precipitação ocorreram em momentos específicos no tempo, sendo mais expressivos nos anos de 1997, 2000, e 2012, com 217, 60 e 209 notificações, respectivamente. A partir de 2012, o número de ocorrências se torna mais reduzido. Em relação aos eventos de secas e estiagens, os resultados revelam concentração de episódios em anos específicos, como em 1993 com 39 episódios, seguido dos anos de 1998 e 1999 com 26 e 183 registros, respectivamente. O ano de 2001 concentrou o maior número de ocorrências de secas e estiagem, durante todo o período de análise do estudo, com 360 notificações, sendo que no ano subsequente, 2002, o número de eventos foi igualmente elevado com 182 registros. O número de ocorrência de desastres por ano não necessariamente está em fase com a variabilidade de grande escala associada ao ENOS, por exemplo, em 1997-1998 houve um El Niño forte.

Considerando-se os últimos anos em análise, pode-se observar que os registros desse tipo de desastre natural se apresentaram relativamente altos com quantitativos acima de 130 eventos registrados anualmente, exceto para o ano de 2009 que contabilizou 77 eventos. Vale ressaltar, contudo, o aprimoramento e a melhoria na qualidade dos registros das informações ao longo dos anos, o que pode ter contribuído com esse comportamento nos dados apresentados.

Figura 2 - Ocorrências de secas e estiagens e inundações e enxurradas em Minas Gerais, no período de 1991 a 2016



Para visualizar os distintos padrões espaciais das ocorrências dos desastres naturais em Minas Gerais, elaboraram-se mapas temáticos referentes à inundações/enxurradas e secas/estiagem ocorridas nos municípios entre 1991 e 2016 (Figura 3). As comparações entre os padrões espaciais dos eventos de desastre estiagens/seca e inundações/enxurradas mostram uma discrepância regional acentuada. Os eventos de secas e estiagens estão concentrados em municípios mais ao norte no estado de Minas Gerais (Figura 3b). Praticamente inexistem registros de ocorrências de secas e estiagens mais ao norte e leste do estado, tendo alguns bolsões de eventos na parte leste no estado. Em relação a enxurradas e inundações, observa-se que esses eventos atingem praticamente toda a malha municipal regional, sendo mais elevada no leste do estado (Figura 3a), região com maior concentração de área urbana (IBGE, 2015). Essas localidades apresentam os riscos mais elevados de desastres geodinâmicos e hidrometeorológicos capazes de desencadear deslizamentos de terra e inundações (IBGE, 2018). De acordo com o estudo feito pelo IBGE em parceria com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) Minas Gerais é o segundo estado Brasileiro com o maior número de habitantes expostos em áreas de risco, com 1.377.577 residentes dos municípios monitorados pelo CEMADEN (IBGE, 2018). Ibitité, Contagem, Congonhas e Governador Valadares estão entre os municípios que apresentaram mais de 10 ocorrências de eventos de enxurradas e inundações (Figura 3a). Este fato é bastante preocupante já que estes municípios possuem um número elevado de habitantes expostos em áreas de risco, 48.845, 13.029, 7.294 e 1.354, respectivamente (IBGE, 2018).

Avaliando-se os índices de extremos climáticos (Figura 4), observa-se um comportamento bastante distinto das condições de chuva entre o norte e sul do Estado. Em geral, os municípios localizados no norte apresentam os menores níveis de precipitação, de 700 a 1.100 milímetros (mm), enquanto os localizados no sul apresentam os maiores níveis, entre 1.483 e 1.758 mm (Figura 4a). Esses resultados são similares aos observados por Reboita et al. (2015), que indicaram um quantitativo de precipitação entre 650 e 1.050 mm no norte e 1.450 e 1.750 mm em áreas mais ao sul do estado de MG. Destaca-se que 147 municípios apresentam, em média, 22 dias por ano de precipitação superior ou igual a 20 mm/dia (R20mm), todos localizados no sul do Estado (Figura 4b). Os maiores valores totais anuais médios em que a precipitação é superior ao percentil 95 (R95ptot) e superior ao percentil 99 (R99ptot) também ocorrem na parte sul de Minas Gerais (Figura 4c-d). Os maiores quantitativos variam entre 314 e 366 mm (Figura 4c) e entre 91 e 113 mm (Figura 4d). Identifica-se também uma expressiva quantidade de municípios, 648, com índices de intensidade diária de chuva (SDII) superiores a 10 mm. Os menores índices são observados no nordeste do Estado, variando entre 6,7 e 8,3 mm (Figura 4e). Em relação à estiagem, há uma menor frequência de dias consecutivos secos (CDD) entre os municípios localizados no leste do estado, aproximadamente entre 23 e 42 dias. O oposto é verificado em grande parte do norte do estado, onde o número de dias consecutivos secos varia entre 62 e 128 dias. O estudo feito Natividade et al. (2017), utilizando dados de 1961 a 2014, também observaram que o maior quantitativo de CDD ocorre na região norte de MG. Região de MG suscetível à falta de água (GIANASI et al., 2014, NATIVIDADE et al., 2017).

Figura 3 – Distribuição espacial do acumulado das ocorrências de secas e estiagens e inundações e enxurradas em Minas Gerais, 1991 a 2016

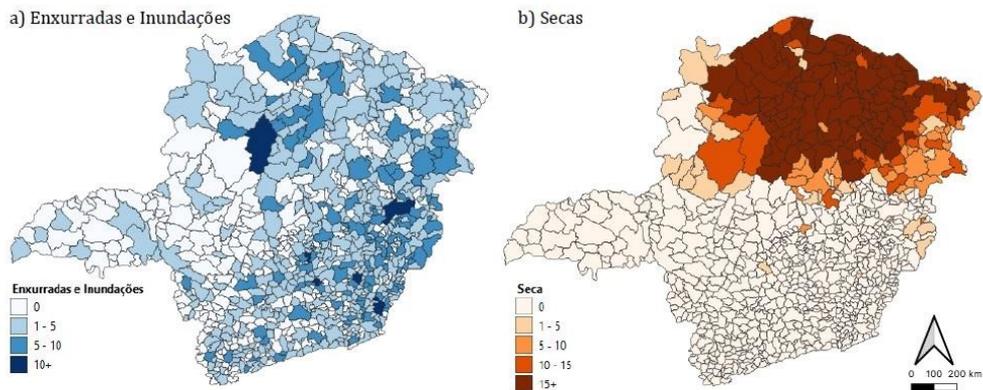
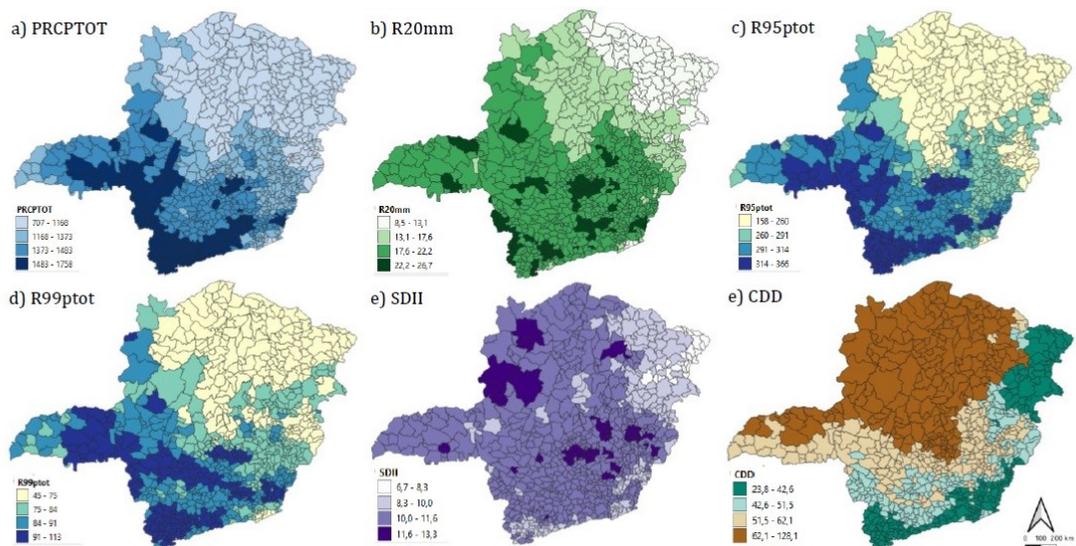


Figura 4 – Distribuição espacial das médias dos índices de extremos de precipitação em Minas Gerais, 1980 a 2013



Para classificar os municípios segundo a ocorrência dos desastres naturais associada aos índices meteorológicos e indicadores sociodemográficos, foi utilizada a metodologia do GoM. A análise foi realizada considerando duas tipologias: uma para os desastres referentes à inundações/enxurradas (Tipologia A) e o outro para secas/estiagens (Tipologia B). As tipologias foram construídas considerando, para cada uma, dois perfis extremos apresentados na Tabela 1. Nessa tabela estão discriminadas as frequências absolutas, relativas e estimativas de λ_{kjl} , segundo as variáveis selecionadas. As características específicas de cada um dos perfis são estabelecidas mediante a comparação entre os valores de λ_{kjl} e a frequência relativa das respostas na mesma categoria. Neste estudo, estabeleceu-se que esta razão, que leva em conta λ_{kjl} , deveria ser superior a 1,2 para que se considerasse que uma categoria de resposta de uma determinada variável fosse característica integrante de um determinado perfil. Para

maior facilidade da inspeção dos resultados, foram destacadas, na Tabela 1, as características que definem cada perfil.

Caracterização dos dois perfis extremos definidos para a Tipologia A (inundação e enxurrada)

O **perfil extremo 1** é composto por municípios com número elevado de desastres naturais relacionados às inundações e enxurradas, com piores condições de vida em termos de saúde, educação, renda e característica domiciliar. Esse perfil apresenta níveis pluviométricos anuais (PRCPTOT) baixos ou médios, reduzido índice de intensidade de precipitação (SDII) e de uma forma geral, valores baixos ou moderados quanto aos demais índices de extremos de precipitação (R95ptot, R99ptot, R20mm). Ao todo, 206 (24%) municípios têm pertinência total a esse perfil extremo. O **perfil extremo 2** é composto por municípios com baixo número de registros de inundações e enxurradas, com melhores indicadores de condições de vida em termos de saúde, educação, renda, trabalho e situação habitacional. Apresentam médio-elevado níveis pluviométricos anuais (PRCPTOT), situação considerada intermediária em relação a intensidade de precipitação (SDII) e situação intermediária ou alta em relação aos demais índices de extremos de precipitação (R95ptot, R99ptot, R20mm). Ao perfil 2, têm pertinência total 304 (36%) municípios

Caracterização dos dois perfis extremos definidos para a Tipologia B (seca e estiagem)

O **perfil extremo 1** é composto por municípios com os mais baixos registros de ocorrências de seca e estiagem e condições de vida mais favoráveis. Possuem os melhores indicadores de saúde, educação, trabalho e infraestrutura domiciliar. Quanto aos índices de extremos climáticos, esse perfil apresenta níveis pluviométricos anuais (PRCPTOT) e índice de intensidade de precipitação (SDII) elevados, com melhor distribuição das chuvas ao longo do ano e nível moderado em termos do número de dias consecutivos secos (CDD). Ao todo, 286 municípios (33%) têm total pertinência ao perfil 1. O **perfil extremo 2** congrega municípios com número médio e elevado de episódios de estiagem e seca e piores indicadores de condição de vida. Os municípios apresentam nível baixo de níveis pluviométricos anuais (PRCPTOT), baixa intensidade de precipitação (SDII) e alto número de dias consecutivos secos (CDD). Nesse perfil, 220 (26%) municípios apresentam pertinência total.

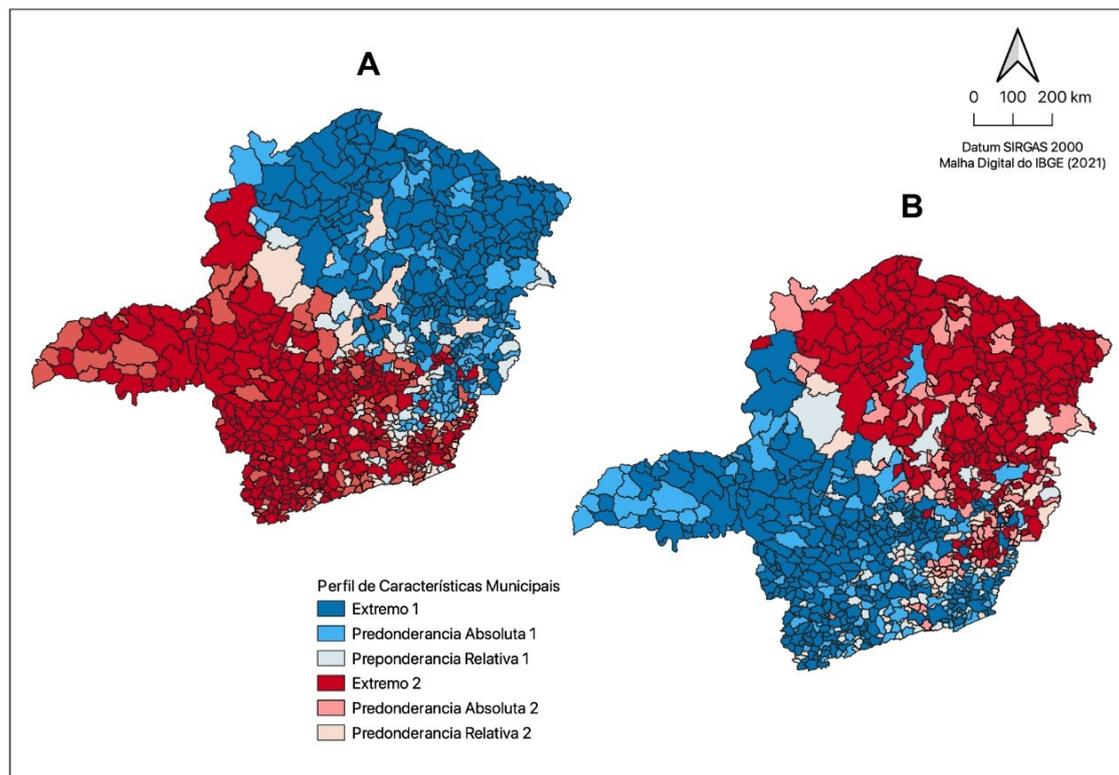
Os municípios não classificados nos perfis extremos 1 e 2 de cada uma das tipologias apresentam algum grau de pertinência em cada um deles, definindo assim, perfis mistos, ou seja, podem pertencer parcialmente a cada um dos perfis extremos. Com base no grau de pertinência, foram definidos os seguintes perfis (Preponderância absoluta 1, Preponderância relativa 1; Preponderância absoluta 2, Preponderância relativa 2). Esses perfis preponderantes congregam municípios com predominância de um determinado perfil e características associadas a outro perfil extremo. Os perfis predominantes e os perfis mistos são descritos a seguir, Perfil Extremo: $g_{ik} = 1$; Predominância Absoluta: $0.7 \geq g_{ik} < 1$; Predominância Relativa: $0.5 > g_{ik} < 0.7$. Os municípios foram classificados em cada um desses perfis de acordo com o valor do parâmetro de classificação (g_{ik}) gerado pela metodologia do GoM.

Tabela 1 – Frequências absolutas, relativas e estimativas de λ_{kjl} , segundo perfis extremos e categorias das variáveis.

Variáveis	Cat	Frequências		Lambdas		PF*		Variáveis	Cat	Frequências		Lambdas		PF*	
		n	%	λ_{1j}	λ_{2j}	1	2			n	%	λ_{1j}	λ_{2j}	1	2
TIPOLOGIA B								TIPOLOGIA A							
ESTIAGEM E SECA	I1	607	71.16	0.9420	0.3825	1.3	0.5	INUNDAÇÃO E ENXURRADA	I1	174	20.40	0.0862	0.2929	0.42	1.44
	I2	61	7.15	0.0530	0.0955	0.7	1.3		I2	313	36.69	0.3794	0.3576	1.03	0.97
	I3	7	0.82	0.0050	0.0129	0.6	1.6		I3	112	13.13	0.1431	0.1224	1.09	0.93
	I4	178	20.87	0.0000	0.5092	0.0	2.4		I4	254	29.78	0.3913	0.2271	1.31	0.76
ESPVIDA	I1	213	24.97	0.0000	0.5585	0.0	2.2	ESPVIDA	I1	213	24.97	0.5785	0.0000	2.32	0.00
	I2	211	24.74	0.0876	0.4415	0.4	1.8		I2	211	24.74	0.4108	0.1232	1.66	0.50
	I3	215	25.21	0.4522	0.0000	1.8	0.0		I3	215	25.21	0.0107	0.4348	0.04	1.73
	I4	214	25.09	0.4603	0.0000	1.8	0.0		I4	214	25.09	0.0000	0.4419	0.00	1.76
FECTOT	I1	207	24.27	0.3409	0.1118	1.4	0.5	FECTOT	I1	207	24.27	0.0979	0.3434	0.40	1.42
	I2	213	24.97	0.3079	0.1713	1.2	0.7		I2	213	24.97	0.1670	0.3064	0.67	1.23
	I3	218	25.56	0.2270	0.2928	0.9	1.1		I3	218	25.56	0.3008	0.2236	1.18	0.87
	I4	215	25.21	0.1242	0.4241	0.5	1.7		I4	215	25.21	0.4343	0.1266	1.72	0.50
MORT1	I1	211	24.74	0.4594	0.0000	1.9	0.0	MORT1	I1	211	24.74	0.0000	0.4414	0.00	1.78
	I2	207	24.27	0.4491	0.0000	1.9	0.0		I2	207	24.27	0.0000	0.4328	0.00	1.78
	I3	209	24.50	0.0915	0.4238	0.4	1.7		I3	209	24.50	0.3976	0.1258	1.62	0.51
	I4	226	26.50	0.0000	0.5762	0.0	2.2		I4	226	26.50	0.6024	0.0000	2.27	0.00
RAZDEP	I1	213	24.97	0.4425	0.0000	1.8	0.0	RAZDEP	I1	213	24.97	0.0000	0.4356	0.00	1.74
	I2	212	24.85	0.4405	0.0000	1.8	0.0		I2	212	24.85	0.0000	0.4336	0.00	1.74
	I3	214	25.09	0.1170	0.4303	0.5	1.7		I3	214	25.09	0.4123	0.1308	1.64	0.52
	I4	214	25.09	0.0000	0.5697	0.0	2.3		I4	214	25.09	0.5877	0.0000	2.34	0.00
T ENV	I1	212	24.85	0.2524	0.2438	1.0	1.0	T ENV	I1	212	24.85	0.2498	0.2476	1.01	1.00
	I2	213	24.97	0.2713	0.2238	1.1	0.9		I2	213	24.97	0.2280	0.2663	0.91	1.07
	I3	212	24.85	0.2525	0.2436	1.0	1.0		I3	212	24.85	0.2428	0.2530	0.98	1.02
	I4	216	25.32	0.2238	0.2889	0.9	1.1		I4	216	25.32	0.2794	0.2330	1.10	0.92
T_ANALF15M	I1	213	24.97	0.4496	0.0000	1.8	0.0	T_ANALF15M	I1	213	24.97	0.0000	0.4320	0.00	1.73
	I2	212	24.85	0.4475	0.0000	1.8	0.0		I2	212	24.85	0.0000	0.4300	0.00	1.73
	I3	214	25.09	0.1028	0.4391	0.4	1.8		I3	214	25.09	0.4049	0.1380	1.61	0.55
	I4	214	25.09	0.0000	0.5609	0.0	2.2		I4	214	25.09	0.5951	0.0000	2.37	0.00
GINI	I1	206	24.15	0.3378	0.1153	1.4	0.5	GINI	I1	206	24.15	0.1077	0.3380	0.45	1.40
	I2	184	21.57	0.2055	0.2284	1.0	1.1		I2	184	21.57	0.2211	0.2114	1.03	0.98
	I3	187	21.92	0.2141	0.2252	1.0	1.0		I3	187	21.92	0.2232	0.2160	1.02	0.99
	I4	276	32.36	0.2426	0.4311	0.7	1.3		I4	276	32.36	0.4480	0.2346	1.38	0.73
PPOB	I1	213	24.97	0.5000	0.0000	2.0	0.0	PPOB	I1	213	24.97	0.0000	0.4750	0.00	1.90
	I2	213	24.97	0.5000	0.0000	2.0	0.0		I2	213	24.97	0.0000	0.4750	0.00	1.90
	I3	213	24.97	0.0000	0.4989	0.0	2.0		I3	213	24.97	0.4711	0.0501	1.89	0.20
	I4	214	25.09	0.0000	0.5011	0.0	2.0		I4	214	25.09	0.5289	0.0000	2.11	0.00
RDPC	I1	213	24.97	0.0000	0.5000	0.0	2.0	RDPC	I1	213	24.97	0.5397	0.0000	2.16	0.00
	I2	213	24.97	0.0000	0.5000	0.0	2.0		I2	213	24.97	0.4603	0.0684	1.84	0.27
	I3	213	24.97	0.4987	0.0000	2.0	0.0		I3	213	24.97	0.0000	0.4647	0.00	1.86
	I4	214	25.09	0.5013	0.0000	2.0	0.0		I4	214	25.09	0.0000	0.4670	0.00	1.86
T_ATV	I1	213	24.97	0.0000	0.5080	0.0	2.0	T_ATV	I1	213	24.97	0.5186	0.0000	2.08	0.00
	I2	212	24.85	0.2219	0.2765	0.9	1.1		I2	212	24.85	0.2670	0.2319	1.07	0.93
	I3	213	24.97	0.3492	0.1464	1.4	0.6		I3	213	24.97	0.1452	0.3467	0.58	1.39
	I4	215	25.21	0.4289	0.0691	1.7	0.3		I4	215	25.21	0.0692	0.4214	0.27	1.67
AGUA ESGOTO	I1	205	24.03	0.4056	0.0000	1.7	0.0	AGUA ESGOTO	I1	205	24.03	0.0000	0.3987	0.00	1.66
	I2	220	25.79	0.3768	0.0808	1.5	0.3		I2	220	25.79	0.0754	0.3759	0.29	1.46
	I3	214	25.09	0.2176	0.2967	0.9	1.2		I3	214	25.09	0.2860	0.2254	1.14	0.90
	I4	214	25.09	0.0000	0.6225	0.0	2.5		I4	214	25.09	0.6386	0.0000	2.55	0.00
PAREDE	I1	211	24.74	0.3648	0.1036	1.5	0.4	PAREDE	I1	211	24.74	0.1055	0.3602	0.43	1.46
	I2	213	24.97	0.3649	0.1078	1.5	0.4		I2	213	24.97	0.1090	0.3615	0.44	1.45
	I3	215	25.21	0.2703	0.2300	1.1	0.9		I3	215	25.21	0.2195	0.2783	0.87	1.10
	I4	214	25.09	0.0000	0.5587	0.0	2.2		I4	214	25.09	0.5660	0.0000	2.26	0.00
IDH	I1	212	24.85	0.0000	0.5362	0.0	2.2	IDH	I1	212	24.85	0.5683	0.0000	2.29	0.00
	I2	210	24.62	0.0590	0.4638	0.2	1.9		I2	210	24.62	0.4317	0.1024	1.75	0.42
	I3	214	25.09	0.4672	0.0000	1.9	0.0		I3	214	25.09	0.0000	0.4456	0.00	1.78
	I4	217	25.44	0.4739	0.0000	1.9	0.0		I4	217	25.44	0.0000	0.4520	0.00	1.78
PRECTOT	I1	213	24.97	0.0000	0.6216	0.0	2.5	PRECTOT	I1	213	24.97	0.6098	0.0000	2.44	0.00
	I2	213	24.97	0.1628	0.3784	0.7	1.5		I2	213	24.97	0.3902	0.1521	1.56	0.61
	I3	213	24.97	0.4175	0.0000	1.7	0.0		I3	213	24.97	0.0000	0.4230	0.00	1.69
	I4	214	25.09	0.4197	0.0000	1.7	0.0		I4	214	25.09	0.0000	0.4249	0.00	1.69
SDII	I1	213	24.97	0.1444	0.3859	0.6	1.5	SDII	I1	213	24.97	0.4062	0.1361	1.63	0.55
	I2	212	24.85	0.3105	0.1685	1.2	0.7		I2	212	24.85	0.1609	0.3123	0.65	1.26
	I3	213	24.97	0.2662	0.2283	1.1	0.9		I3	213	24.97	0.2235	0.2686	0.90	1.08
	I4	215	25.21	0.2788	0.2173	1.1	0.9		I4	215	25.21	0.2094	0.2830	0.83	1.12
CDD	I1	210	24.62	0.2745	0.2102	1.1	0.9	R95ptot	I1	213	24.97	0.5996	0.0000	2.40	0.00
	I2	216	25.32	0.2861	0.2368	1.1	0.9		I2	212	24.85	0.4004	0.1405	1.61	0.57
	I3	212	24.85	0.2967	0.1872	1.2	0.8		I3	213	24.97	0.0000	0.4278	0.00	1.71
	I4	215	25.21	0.1627	0.3657	0.6	1.5		I4	215	25.21	0.0000	0.4317	0.00	1.71
								R99ptot	I1	213	24.97	0.6135	0.0000	2.46	0.00
							I2		213	24.97	0.3865	0.1550	1.55	0.62	
							I3		211	24.74	0.0000	0.4177	0.00	1.69	
							I4		216	25.32	0.0000	0.4273	0.00	1.69	
								R20mm	I1	211	24.74	0.6247	0.0000	2.53	0.00
							I2		213	24.97	0.3360	0.1904	1.35	0.76	
							I3		215	25.21	0.0394	0.3952	0.16	1.57	
							I4		214	25.09	0.0000	0.4144	0.00	1.65	

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial dos municípios segundo perfis definidos para as duas tipologias. O painel A da Figura 5 apresenta a distribuição espacial dos municípios classificados segundo a Tipologia A (inundação/enxurrada) e o painel B mostra a distribuição espacial dos municípios segundo a Tipologia B (seca/estiagem). Os resultados apontam por diferenciações regionais bastante claras, nas quais os registros mais elevados de desastres naturais (seca/estiagem e inundação/enxurrada) se concentram nas regiões norte, nordeste e noroeste do Estado, onde também predominam condições de vida desfavoráveis. Os municípios com elevados casos de desastres de estiagem e seca apresentam níveis mais baixos de precipitação (perfil 2 da Tipologia B) (Figura 5B). Esses municípios também convivem com número elevado de episódios de desastres de inundações e enxurradas, mas com índices pluviométricos de chuva em níveis razoáveis (perfil 1 da Tipologia A) (Figura 5A). Apesar dos níveis pluviométricos não serem altos, há um registro elevado de desastres de inundações e enxurradas. Esse resultado muito provavelmente decorre da interação dos eventos climáticos com a infraestrutura precária dos municípios, onde há uma predominância de domicílios em situação de risco. Por outro lado, as áreas mais ao sul e oeste de Minas Gerais apresentam os mais baixos registros de desastres naturais e melhores indicadores sociais (perfil 1 da Tipologia B e perfil 2 da Tipologia A). Há ainda que ressaltar os municípios com características de perfis mistos “preponderantes”. Eles se encontram localizados em uma área de transição entre o norte e sul do estado.

Figura 5 – Distribuição espacial das tipologias de características municipais, Minas Gerais



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado de Minas Gerais apresenta um expressivo aumento ao longo dos anos em seus quantitativos de desastres naturais, destacando-se os eventos de estiagem e secas, seguidos das enxurradas e as inundações. As distribuições regionais dos perfis construídos revelam um padrão espacial de amplas desigualdades. As áreas mais ao norte do estado nitidamente são aqueles que mais vivenciam desastres naturais, seja de seca/estiagem ou inundação/enxurrada, que muito provavelmente resultam de uma combinação de condição de índices climáticos distintos com uma situação desfavorável de condições sociais. Os resultados evidenciam ainda a existência de bolsões de menor número de desastres naturais em localidades com melhores condições de vida, constituídas, principalmente, por pólos sub-regionais de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lara de Melo Barbosa et al. Health-related vulnerability to climate extremes in homoclimatic zones of Amazonia and Northeast region of Brazil. *PloS one*, v. 16, n. 11, p. e0259780, (2021).

BOTZEN, W.J.W.; DESCHENES, O.; SANDERS, M. The economic impacts of natural disasters: A review of models and empirical studies. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2020.

BRANDÃO, A.M. de P.M. Clima Urbano e Enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pg. 47-1-2, (2001).

COELHO, C.A.S., DE OLIVEIRA, C.P., AMBRIZZI, T. et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dyn* 46, 3737–3752 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2800-1>.

CONFALONIERI, U e MARINHO, D. P. Mudança climática global e saúde: Perspectivas para o Brasil. *Revista Multiciência*, Edição no. 8: Mudanças Climáticas. Campinas, Maio 2007

CONFALONIERI, U; MENNE, R; AKHTAR, K. L; EBI, M; HAUENGUE, R. S; KOVATS, B; ET AL. GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE AND HUMAN HEALTH (GECHH). Science Plan and Implementation Strategy. Earth System Science Partnership (DIVERSITAS, IGBP, IHDP, and WCRP) Report No.4; Global Environmental Change and Human Health Report No.1, 2007.

DE NYS, E.; ENGLE, N.; MAGALHÃES, A.R. (Ed.). *Drought in Brazil: proactive management and policy*. CRC Press, 2016.

DA SILVA, Esmeraldo David. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, 2014.

FREITAS, C.M de, et al. Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. *Cadernos de Saúde Pública* 36 (2020): e00133419.

GIANASI, L.M.; COSTA, P.C.; TUBALDINI, M.A.S. A contribuição da geografia agrária em pesquisa-ação e a produção de alimentos agroecológicos em comunidades rurais e quilombolas do vale do Jequitinhonha (The contribution of agrarian geography in action-research and the ecological food production). *Revista GeoNordeste*, n. 2, p. 155-172, 2014.

GUEDES, G. R., SIVIERO, P. C. L. MACHADO, C. J., PINTO, J., & RODARTE, M. M. S. 2016. *Grade of Membership - Conceitos básicos e aplicação empírica usando o programa GoM para Windows, Linux, Stata e R*. Belo Horizonte, MG, Brasil: Editora UFMG.

HACON, S. S.; OLIVEIRA, B. F. A.; SILVEIRA, I. Climate Change Risks in Brazil: a review of the health sector impacts of 4 C or more temperature rise. Nobre, CA, Marengo, JA, Soares, WR (Org.), 2018.

HAYLOCK, M. R., PETERSON, T. C., ALVES, L. M., AMBRIZZI, T., ANUNCIÇÃO, Y. M. T., BAEZ, J., ... & VINCENT, L. A. 2006. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of climate*, 19(8), 1490-1512.

LIMA, K.C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J.P.R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 101, n. 1-2, p. 121-135, 2010.

MANTON, K. G., WOODBURY, M. A., TOLLEY, H. D. 1994. *Statistical Applications Using Fuzzy Sets* (1st ed.). New York, NY: John Wiley & Sons, Ltd

MARCELINO, E.V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. *Caderno didático*, v. 1, p. 34, 2008.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS). *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. 2009.

MARENGO, J. A et al. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5. In: Ministério do Meio Ambiente. *Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI*. Brasília, 2007.

MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Rio de Janeiro: FBDS, 2009. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>.

MARENGO, J.A.; RODRIGUES-FILHO, S.; SANTOS, D.V. 2021. Impacts, vulnerability and adaptation to climate change in Brazil: an integrated approach. *Sustainability in Debate*, 11(3), 14–23.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Org.). *Impacts of 4°C or more Temperature Risk*. UK: Springer, 2018.

MENEZES, J. A. et al. Mapping human vulnerability to climate change in the Brazilian Amazon: the construction of a municipal vulnerability index. PLoS One, San Francisco, v. 13, n. 2, 2018.

MARTINS, F.B. et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, 2018.

MINERVINO, A.C, DUARTE, E.C. Danos materiais causados à saúde pública e à sociedade decorrentes de inundações e enxurradas no Brasil, 2010-2014: dados originados dos sistemas de informação global e nacional. Ciênc Saúde Colet 2016; 21:685-94

MONTZ, B. E.; TOBIN, G. A. Os impactos ambientais das inundações em St. Maries, Idaho . Boulder: Natural Hazards Research and Applications Information Center, 1997.

NATIVIDADE, U.A.; GARCIA, S.R.; TORRES, R.R. Tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, p. 600-614, 2017.

NERY, Jonas Teixeira; MALVESTIO, Leônidas. Natural disasters in Southeastern Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, p. 1-24, 2017.

NUNES, Eliana Ferreira et al. Abrigos para situação de emergência. Estudos em Design, v. 26, n. 2, 2018.

PBMC. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional: impactos, vulnerabilidade e adaptação.v. 2. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Governo Federal, Brasília, 2016

PBMC (2016a). Impacto, vulnerabilidade e adaptacao das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

PBMC (2016b) Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K.,Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

PEREZ, L. P., RODRIGUES-FILHO, S., MARENGO, J. A., SANTOS, D. V., MIKOSZ, L. (2020). Climate change and disasters: analysis of the Brazilian regional inequality. Sustainability in Debate, 11(3), 260–296.

PIELKE JR, Roger; CARBONE, Richard E. Weather impacts, forecasts, and policy: An integrated perspective. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 83, n. 3, p. 393-406, 2002.

PÖRTNER, H. O., SCHOLES, R. J., AGARD, J., ARCHER, E., ARNETH, A., BAI, X., BARNES, D., BURROWS, M., CHAN, L., CHEUNG, W. L. W., DIAMOND, S., DONATTI, C., DUARTE, C., EISENHAUER, N., FODEN, W., GASALLA, M. A.,

HANDA, C., HICKLER, T., ... NGO, H. 2021. *Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). <https://zenodo.org/record/5101125>

RAZIEI, T., DARYABARI, J., BORDI, I., & PEREIRA, L. S. 2014. Spatial patterns and temporal trends of precipitation in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(3), 531-540.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, p. 206-226, 2015.

RODRIGUES, D. T., GONÇALVES, W. A., SPYRIDES, M. H. C., ANDRADE, L. D. M. B., de SOUZA, D. O., de ARAUJO, P. A. A., ... & e SILVA, C. M. S. 2021. Probability of occurrence of extreme precipitation events and natural disasters in the city of Natal, Brazil. *Urban Climate*, 35, 100753.

SÁ JÚNIOR, A. Aplicação da Classificação de Köppen para o Zoneamento Climático do Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, 2009.

DA SILVA DIAS, Maria Assunção Faus. Eventos climáticos extremos. *Revista usp*, n. 103, p. 33-40, 2014.

SANTOS, D. J. DOS, PEDRA, G. U., SILVA, M. G. B. DA, GUIMARÃES JÚNIOR, C. A., ALVES, L. M., SAMPAIO, G., MARENGO, J. A. (2020). Future rainfall and temperature changes in Brazil under global warming levels of 1.5°C, 2°C and 4°C. *Sustainability in Debate*, 11(3), 57–90.

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.2, p.390-396, 2006.

TIAN, D., WOOD, E.F., YUAN, X. 2017. CFSv2-based sub-seasonal precipitation and temperature forecast skill over the contiguous United States. *Hydrol Earth Syst Sci* 21:1477–1490.

TOBIN, G. A, MONTZ, B. E. 1997. *Natural hazards – explanation and integration*. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.

TOMINAGA L K, SANTORO J, AMARAL R. *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo; 2009.

TORRES, R. R.; LAPOLA, D. M.; MARENGO, J. A.; LOMBARDO, M. A. Socioclimatic hotspots in Brazil. *Climatic Change*, v. 115, p. 597-609, 2012.

TORRES, R. R.; MARENGO, J. A. Climate change hotspots over South America: from CMIP3 to CMIP5 multi-model datasets. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 117, p.579- 587, 2014.

XAVIER, A. C., KING, C. W., SCANLON, B. R. 2016. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, 2659(October 2015), 2644–2659. <https://doi.org/10.1002/joc.4518>

ZHANG, X., YANG, F. *RClimDex (1.0) User Guide*. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview (Ontario, Canada), 2004, 22p.

ZHEYE, W., XINYUE, Y. 2018. Social media analytics for natural disaster management, *International Journal of Geographical Information Science*, 32:1, 49-72, DOI: 10.1080/13658816.2017.1367003.

WHO. COP 24 Special Report: Health & Climate Change. 2018.