

## ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL DIANTE DA PRECIPITAÇÃO DE GRANIZO PARA RIO GRANDE/RS

**Bruna Cavalcanti Gautério**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Departamento de Geografia, Porto Alegre, RS, Brasil  
[gauteribruna@gmail.com](mailto:gauteribruna@gmail.com)

**Éder Leandro Bayer Maier**

Universidade Federal do Rio Grande – FURG  
Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Rio Grande, RS, Brasil  
[edermaier@gmail.com](mailto:edermaier@gmail.com)

### RESUMO

Rio Grande/RS localiza-se em latitudes subtropicais de intensa atividade ciclogênica, as quais podem causar efeitos e danos à população. Diante disso, o objetivo foi elaborar e analisar a distribuição espacial da vulnerabilidade social diante da precipitação de granizo através de um índice elaborado em Sistema de Informações Geográficas (SIG). A proposta metodológica visa associar fatores de ponderação para variáveis que expressam indicadores socioeconômicos (densidade demográfica, pessoas residentes, analfabetismo e pedidos de auxílios financeiros) e de infraestrutura urbana (abastecimento de água, energia elétrica, esgotamento sanitário, presença de banheiro e coleta de lixo), os quais caracterizam a vulnerabilidade social. A base de dados compreende o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o relatório de atingidos por chuva de granizo da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil Municipal. Diante disso, a metodologia aplicada foi validada através da Análise de Dependência por Regressão Linear para mensurar a dependência entre o índice de vulnerabilidade e os pedidos de auxílios. Os resultados constatam que as vulnerabilidades socioeconômicas muito alta situam-se à oeste da cidade e no distrito Industrial e as classificadas como altas foram identificadas em todos os distritos do município, com ênfase na porção oeste. O processo metodológico apresentou confiabilidade em 63% da vulnerabilidade nos Setores Censitários.

**Palavras-chave:** Precipitação. Índice. SIG. Risco.

### ANALYSIS OF SOCIAL VULNERABILITY IN THE FACE OF HAILSTORMS IN RIO GRANDE/RS

#### ABSTRACT

Rio Grande/RS is located in subtropical latitudes with intense cyclogenetic activity, which can cause effects and damage to the population. In view of this, the objective was to elaborate and analyze the spatial distribution of social vulnerability before hail precipitation through an index elaborated in Geographic Information System (GIS). The methodological proposal aims to associate weighting factors for variables that express socioeconomic indicators (demographic density, resident people, illiteracy and financial aid applications) and urban infrastructure (water supply, electricity, sewage, presence of toilets and garbage collection) which characterize social vulnerability. The database comprises the *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE) and the report of those affected by hailstorms from the Municipal Civil Defense and Protection Coordination. Therefore, the methodology applied was validity through Dependency Analysis by Linear Regression to measure the dependency between the vulnerability index and claims for assistance. The results show that the very high socioeconomic vulnerabilities are located in the west of the city and in the industrial district, and those classified as high were identified in all districts of the municipality, with emphasis on the western portion. The methodological process presented reliability in 63% of the vulnerability in the Census Sectors.

**Keywords:** Precipitation. Index. GIS. Risk.

### INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade é um tema bastante discutido atualmente, principalmente, nos estudos que envolvem as questões socioambientais, porém por ter uma ampla variedade de conceituações não há consenso de uma definição que englobe todos os contextos. Nesta pesquisa, o conceito é entendido

como a suscetibilidade em que os seres humanos se enquadram frente a um perigo ou dano envolvendo uma série de fatores que podem aumentar ou diminuir os riscos expostos a eles (ESTEVEZ, 2011). Segundo Lima e Bonetti (2018), o estudo da vulnerabilidade social frente aos episódios de intensificação dos eventos extremos é oportuno para entender o seu grau e o risco da população local.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês para *Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2018, p.549) um “evento raro em um determinado local e época do ano” é considerado um evento extremo. Eles quando alcançam determinada localidade estão propensos a causar impactos sociais, ambientais e econômicos (DORNELES; RIQUETTI; NUNES, 2020). A Organização Meteorológica Mundial (WMO, sigla em inglês para *World Meteorological Organization*, 2016), alerta que a ocorrência de eventos extremos hidrometeorológicos ultrapassam a capacidade de resiliência e de resposta da população local, porque quanto maior for a vulnerabilidade maior é a probabilidade de perdas de bens materiais e de qualidade ambiental.

Segundo Caldana et al. (2019), as estimativas probabilísticas de eventos extremos e neste caso o de precipitação sólida do tipo granizo são importantes no que tange ao planejamento e desenvolvimento de atividades diárias do ser humano que tendem a sofrer com os efeitos que esse episódio intenso pode causar. O granizo é classificado pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2012) como um fenômeno natural oriundo de tempestades do tipo local ou convectiva. Ele acontece em quase todo o globo terrestre incidindo sobre climas quentes abrangendo as latitudes compreendidas entre 20º a 50º. Em território brasileiro as regiões mais atingidas são a Sul, Sudeste e a parte meridional do Centro-Oeste (TAVARES, 2009).

O Rio Grande do Sul (RS) em um período de 29 anos e 27 dias foi o estado que obteve os mais elevados índices de registros de granizadas significativas que causaram algum tipo de dano quando comparadas com os estados de Santa Catarina e Paraná (MARTINS et al., 2017; GAUTÉRIO; PERES; AQUINO, 2021). Diante disso, olhar para as populações desde local é de extrema importância e o auxílio das geotecnologias fornece apoio na tomada de decisão e possibilita integrar diversos planos de informações para analisar uma situação complexa. O município do Rio Grande/RS já decretou situação de emergência em pelo menos 5 anos em decorrência dos efeitos do granizo associados a outros eventos meteorológicos que potencializam os danos (GAUTÉRIO e MAIER, 2021).

A carência de planejamentos eficientes voltados aos cenários de prevenção social alerta para que medidas sejam tomadas visando prevenir e mitigar futuros episódios semelhantes, visto que Rio Grande está situado em uma faixa de frequente atividade ciclogênica com passagem de, aproximadamente, 16 sistemas frontais por estação do ano (KRUSCHÉ; SARAIVA; REBOITA, 2002) que podem evoluir para um evento extremo. Alguns estudos similares já realizados auxiliam na compreensão da temática, são eles Martins et al (2017), Murillo e Homeyer (2019) e Nedel, Sausen e Saito (2012). Diante disso, os objetivos propostos desse trabalho foram gerar e analisar a distribuição espacial da vulnerabilidade social do município do Rio Grande/RS diante da precipitação de granizo através de um índice elaborado em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

## METODOLOGIA

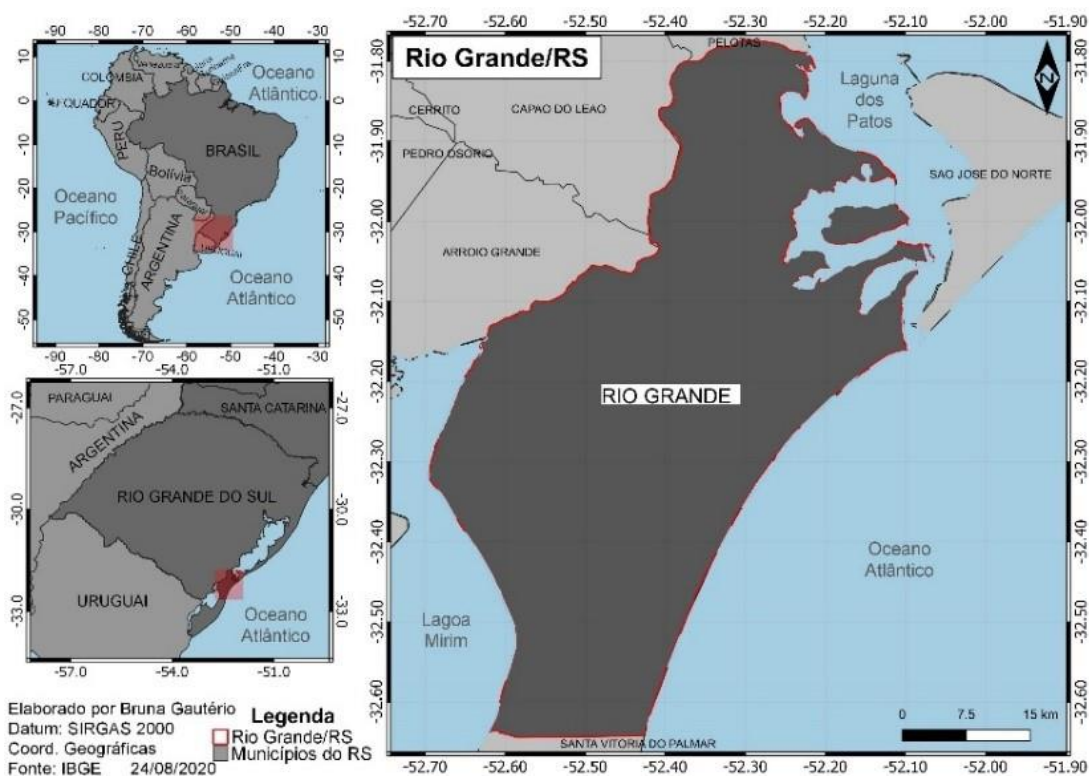
A seguir serão apresentados os passos metodológicos para alcançar o mapeamento da vulnerabilidade social atrelando as variáveis do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande (COMPDEC/RG, 2015) aos fatores de ponderação selecionados para o recorte espacial do município do Rio Grande.

### **Área de Estudo**

O município do Rio Grande está localizado no sul do Rio Grande do Sul (Figura 1) e possui uma área territorial de aproximadamente 3.300 km<sup>2</sup> dividida em zonas urbanas e rurais. Segundo o IBGE no censo de 2010 havia 197.228 pessoas e com densidade demográfica de 72,79 habitantes/km<sup>2</sup>. Ainda conforme o IBGE, no censo demográfico de 2010, foram estabelecidos 337 Setores Censitários no município, essa informação é importante visto que é a escala de análise da pesquisa.

Rio Grande está situado sobre a Província Costeira do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986) e a classificação climática é do tipo subtropical úmido, conforme proposto por Strahler (1969). De acordo com Krusche, Saraiva e Reboita (2002), a precipitação no município é predominantemente de origem frontal, com entrada de cerca de 16 frentes por estação sazonal, assim como também, os bloqueios atmosféricos e frentes frias propiciam um favorecimento no aumento da precipitação.

Figura 1 – Localização do Município do Rio Grande (RS)



Fonte – Base Vetorial IBGE, 2020. Organização – Os Autores, 2020.

### Dados

Os dados utilizados ao longo da pesquisa basearam-se em indicadores que expressam a questão socioeconômica, disponibilizados pelo Censo IBGE do ano de 2010 e utilizados para todo o município do Rio Grande, representados pelas seguintes variáveis: densidade demográfica, renda, pessoas residentes, analfabetismo e os pedidos de auxílios financeiros disponibilizados pela COMPDEC/RG do ano de 2015. E por variáveis de infraestrutura urbana, representados pelo abastecimento de água, de energia elétrica, pelo sistema de esgotamento sanitário, presença de banheiro e pelo sistema de coleta de lixo. A definição e medição de cada variável do Censo IBGE pode ser observada na base de informações explicativa (IBGE, 2010).

As condições de moradia e os serviços básicos de subsistência são referentes à renda, a energia elétrica, a água, ao esgoto, ao banheiro, a coleta de lixo e a analfabetismo indicarão espacialmente onde estão localizadas as pessoas com maiores vulnerabilidades sociais e econômicas. Adicionalmente, a densidade demográfica e os pedidos de auxílios financeiros (chamados de verdade terrestre nessa pesquisa) complementarão a questão da percepção de perigo mediante ao risco, visto que automaticamente direcionam a um indivíduo perceptível de possíveis danos materiais e humanos. O risco será identificado como as localidades em que possuem pessoas residindo atrelado às vulnerabilidades citadas anteriormente.

### Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos foram realizados no programa QGIS versão 3.14 (QGIS, 2020) utilizando o datum SIRGAS 2000. Este subtópico será dividido em: aquisição de dados, pré-processamento, reclassificação, fatores de ponderação, composição final do índice, mapeamento dos pedidos de auxílios financeiros e validação do índice.

### Aquisição de Dados

As variáveis socioeconômicas e de infraestrutura urbana foram adquiridas da tabela de Valores Agregados por Setor Censitário do IBGE do ano de 2010, com valores absolutos. A malha vetorial censitária, escala de análise dessa pesquisa, é do ano de 2010 com escala compatível de 1:5.000 a 1:250.000. Foram escolhidas dez variáveis (Quadro 1) de acordo com base na metodologia de Lima e Bonetti (2018). Os pedidos de auxílios financeiros (verdade terrestre) por Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS)

foram adquiridos através de um relatório em formato .PDF disponibilizado pela COMPDEC/RG do ano de 2015. O relatório apresentou pedidos a nível de endereço e categorizados por bairros. É necessário destacar que Rio Grande não possui uma delimitação de bairros oficial do IBGE, porém a discussão dos resultados foi baseada na divisão de bairros proposta pela Vigilância Epidemiológica Municipal em consonância com o Instituto Federal do Rio Grande/RS.

Quadro 1 – Variáveis e Definições

Variável	Definição
<b>Indicadores que expressam as variáveis socioeconômicas</b>	
Densidade Demográfica	Número de habitantes por km <sup>2</sup> de cada setor censitário.
Renda	Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes.
Pessoas Residentes	Total de pessoas residentes em domicílios particulares permanentes.
Analfabetismo	Total de pessoas analfabetas ou com menos de 5 anos de idade em domicílios particulares permanentes.
Pedidos de Auxílio Financeiro	Total de pedidos de auxílio financeiro, por FGTS, para a Prefeitura Municipal do Rio Grande (PMRG) e COMPDEC/RG, por domicílio atingido, mediante comprovação documental.
<b>Indicadores que expressam as variáveis de infraestrutura urbana</b>	
Energia Elétrica	Total de domicílios particulares permanentes com abastecimento de energia elétrica.
Água	Total de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral.
Esgotamento Sanitário	Total de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial.
Banheiro	Total de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário.
Coleta de Lixo	Total de domicílios particulares permanentes com o serviço de coleta de lixo.

Fonte – IBGE, 2010; COMPDEC/RG, 2015. Elaboração – Os Autores, 2020.

### **Pré-Processamento**

As variáveis que compuseram o índice final passaram por alguns ajustes antes de serem trabalhadas no SIG. Aos valores absolutos foram aplicados valores relativos, a fim de melhor expressar seus significados. As variáveis de abastecimento de água, banheiro, energia elétrica, esgotamento sanitário e coleta de lixo foram sujeitas à fórmula da Equação 1, em que cada variável foi submetida a uma multiplicação pelo valor 100 a fim de estabelecer um percentual de cada variável sob o número de domicílios:

$$(n \times 100)$$

(1)

NroDom

onde,  $n$  pode representar quaisquer variáveis, e nesse caso as apontadas no parágrafo anterior, e NroDom representa o número total de domicílios dentro de um Setor Censitário.

O IBGE não disponibiliza o número de pessoas analfabetas, com isso foi necessário extrair do número total de residentes, por domicílio, o número de pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade. Resultando então, no número de pessoas analfabetas ou com menos de 5 anos de idade, conforme mostra a Equação 2.

$$(PA - NroPR) \times 100 \tag{2}$$

NroPR

onde PA representa o número de pessoas analfabetas e NroPR representa o número de pessoas residentes.

O cálculo da variável de renda levou em conta o valor de renda total do Setor Censitário e o número de pessoas residentes por domicílio, assim como também, o valor do salário mínimo em 2010 (510,00 reais). A seguir estão as fórmulas das Equações 3 e 4, respectivamente:

$$NroPRDom = \frac{NroPR}{NroDom} \tag{3}$$

$$Renda \textit{ per capita} = \frac{RendaTSC}{NroPR} \tag{4}$$

onde, NroPRDom representa o valor de pessoas residentes por domicílio e RendaTSC representa a renda total do Setor Censitário.

Afim de confrontar e verificar a aplicabilidade do método utilizado nessa pesquisa, foram georreferenciados 7.672 pedidos de auxílios financeiros (verdade terrestre), a nível de endereço residencial, utilizando o datum SIRGAS 2000 UTM Zona 22 S, para posterior identificação de pontos de maior ou menor intensidade do fenômeno no município.

### **Reclassificação e Ponderação**

Os dados relativos foram reclassificados com valores de 1 a 10 a fim de estabelecer uma padronização dos indicadores para posterior associação de fatores de ponderação para a composição final do índice. Os intervalos de cada classe foram definidos a partir da distribuição de frequência de cada variável, adotando a quebra natural e intervalos iguais para a identificação dos intervalos das classes, conforme disponibilizados pelo método de graduação do programa QGIS. Usou-se quebras naturais para densidade demográfica, pessoas analfabetas, abastecimento de água, presença de banheiro, esgotamento sanitário, lixo coletado e energia elétrica e intervalos iguais para pessoas residentes e renda *per capita*. Os fatores de ponderação foram aplicados para associar pesos para cada indicador reclassificado. Os pesos escolhidos para cada variável foram baseados na correlação dos indicadores com a verdade terrestre, representada pelos dados de pedido de auxílios financeiros coletados pela COMPDEC/RG. Através da correlação do número de pedidos de auxílios financeiros por Setores Censitários e a ocorrência da incidência das variáveis do IBGE nestes setores, destacaram-se os valores demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores de correlação entre os números de pedidos de auxílios financeiros à COMPDEC/RG por Setores Censitários e a ocorrência da incidência dos dados do IBGE

Indicador	Correlação
Densidade Demográfica	0,22
Pessoas Residentes	0,37
Pessoas Analfabetas	0,36
Renda <i>per capita</i>	0,25
Abastecimento de Água	-0,14
Esgotamento Sanitário	0,20
Presença de Banheiro	0,07
Abastecimento de Energia Elétrica	-0,04
Coleta de Lixo	-0,15

Elaboração – Os Autores, 2021.

Foram realizados 25 testes para compreender quais pesos eram mais representativos em comparação com a verdade terrestre. Através disso, chegou-se à conclusão de que o último teste, o denominado de

'teste 25', apresentou-se como o mais representativo. Os 25 testes foram realizados através da calculadora de campo da tabela de atributos do arquivo vetorial munido com as informações numéricas representando os indicadores. Cada teste recebeu a mesma expressão, alterando apenas os pesos a cada teste feito. Os pesos obtiveram variação de -1 a 10 de acordo com os valores de correlação demonstrados anteriormente. Os fatores de ponderação associados para cada variável foram os seguintes: densidade demográfica 6, pessoas residentes 10 dez, pessoas analfabetas 10, renda *per capita* 6, abastecimento de água -1, esgotamento sanitário 2, presença de banheiro 2, abastecimento de energia elétrica -1 e sistema de coleta de lixo -1.

### **Mapeamento dos Pedidos de Auxílios Financeiros**

O mapeamento por número de ocorrências foi realizado através do georreferenciamento por endereço a partir do 'Relatório da Lista de Endereços das Famílias Atingidas pelo Temporal de Granizo' disponibilizado pela COMPDEC/RG. Através dele, foram mapeados 7.672 endereços com famílias atingidas e que solicitaram o auxílio do órgão da defesa civil municipal. A identificação de quantos pedidos de auxílios financeiros foram realizados em cada Setor Censitário possibilitou a integração de técnicas estatísticas de correlação e gerações de gráficos de dispersão com reta de regressão linear para avaliar o índice final e a verdade terrestre registrada.

### **Composição do Índice de Vulnerabilidade e Validação**

O grau de pertinência do índice foi resultado do cruzamento dos valores associados aos indicadores com seus fatores de ponderação divididos pelo número total de ponderações. Essa etapa foi elaborada na tabela de atributos da camada vetorial de Setores Censitários utilizando a calculadora de campo. A fórmula escolhida para composição do índice foi adaptada de Lima e Bonetti (2018), vide Equação 5.

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{((Vn1 \times P1) + (Vn2 \times P2) + (Vn3 \times P3) + (Vn \times Pn))}{\text{NroP}} \quad (5)$$

Onde,  $Vn$  = valor da variável,  $P$  = fator de ponderação,  $\text{NroP}$  = número total de ponderações.

O índice foi calculado de acordo com 10 classes de graus de pertinência. Com isso, o mínimo valor encontrado foi de 2,87 e o máximo valor encontrado foi o de 10,03. Para a representação cartográfica final, os valores foram agregados em 5 classes de intervalo igual com o intuito de serem representados com as seguintes categorias e valores: 1,0 - 4,3  **muito baixo**, 4,4 - 5,7  **baixo**, 5,8 - 7,2  **médio**, 7,3 - 8,6  **alto** e 8,7 - 10  **muito alto**.

A realização da validação do índice aconteceu através da técnica de análise de dependência por regressão linear. Com base nos dados de pedidos de auxílios financeiros por Setor Censitário e as 10 (dez) classes do índice foi gerado um diagrama de dispersão, no programa MATLAB r2012b, demonstrando o relacionamento linear entre as variáveis e o quanto os dados destoavam em relação a confiabilidade. O diagrama possibilitou destacar quais setores subestimaram, superestimaram ou foram confiáveis à elaboração do índice. Assim como também, demonstraram a correlação entre as variáveis, possibilitando a análise dos setores de um modo geral.

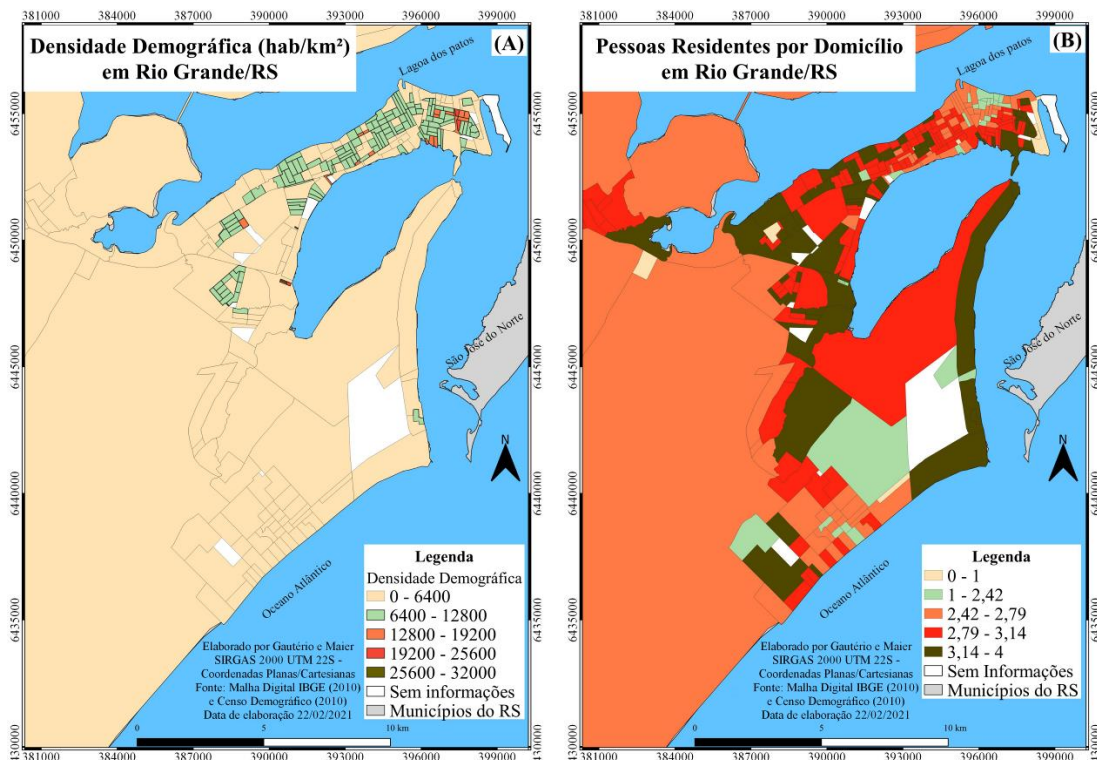
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As discussões dos resultados serão baseadas nas nomenclaturas das divisões dos distritos e bairros do município do Rio Grande, os quais podem ser consultados cartograficamente em Gautério (2021). A nomenclatura dos Setores Censitários não é propícia à uma leitura clara e fluente, então optou-se por esse modo de abarcar as análises dos resultados, como já mencionado anteriormente. Os mapas dos indicadores subsidiarão as discussões sobre a distribuição da vulnerabilidade com indicadores sociais do Censo IBGE de 2010 em consonância com a verdade terrestre.

### **Densidade Demográfica e Pessoas Residentes**

A densidade demográfica expressa em quilômetros quadrados o quão povoado é um Setor Censitário e o número de pessoas residentes representa a quantidade de pessoas dividindo o mesmo domicílio. Em Rio Grande, conforme mostram as Figura 2A e 2B, as áreas densamente povoadas estão estabelecidas sob o distrito do Rio Grande que abriga parte da zona urbana do município e nas demais localidades como o Distrito Industrial e o distrito da Quinta que também abarcam um significativo povoamento. A média absoluta encontrada para a densidade demográfica é de 5.558 habitantes hab./km<sup>2</sup>, sendo a máxima de 32.000 hab./km<sup>2</sup> e a mínima de zero hab./km<sup>2</sup>. O valor médio absoluto encontrado de residentes por domicílios foi de 2,65 pessoas, sendo o máximo médio de 4 pessoas e o mínimo médio de 0 pessoas. Localizar espacialmente onde estão estes domicílios com os maiores números de pessoas residentes e atrelar com a densidade demográfica é ditar onde estão as populações mais propensas ao risco à granizo.

Figura 2 – Rio Grande (RS): espacialização da densidade demográfica (A) e do número de pessoas residentes por domicílio particular permanente (B)



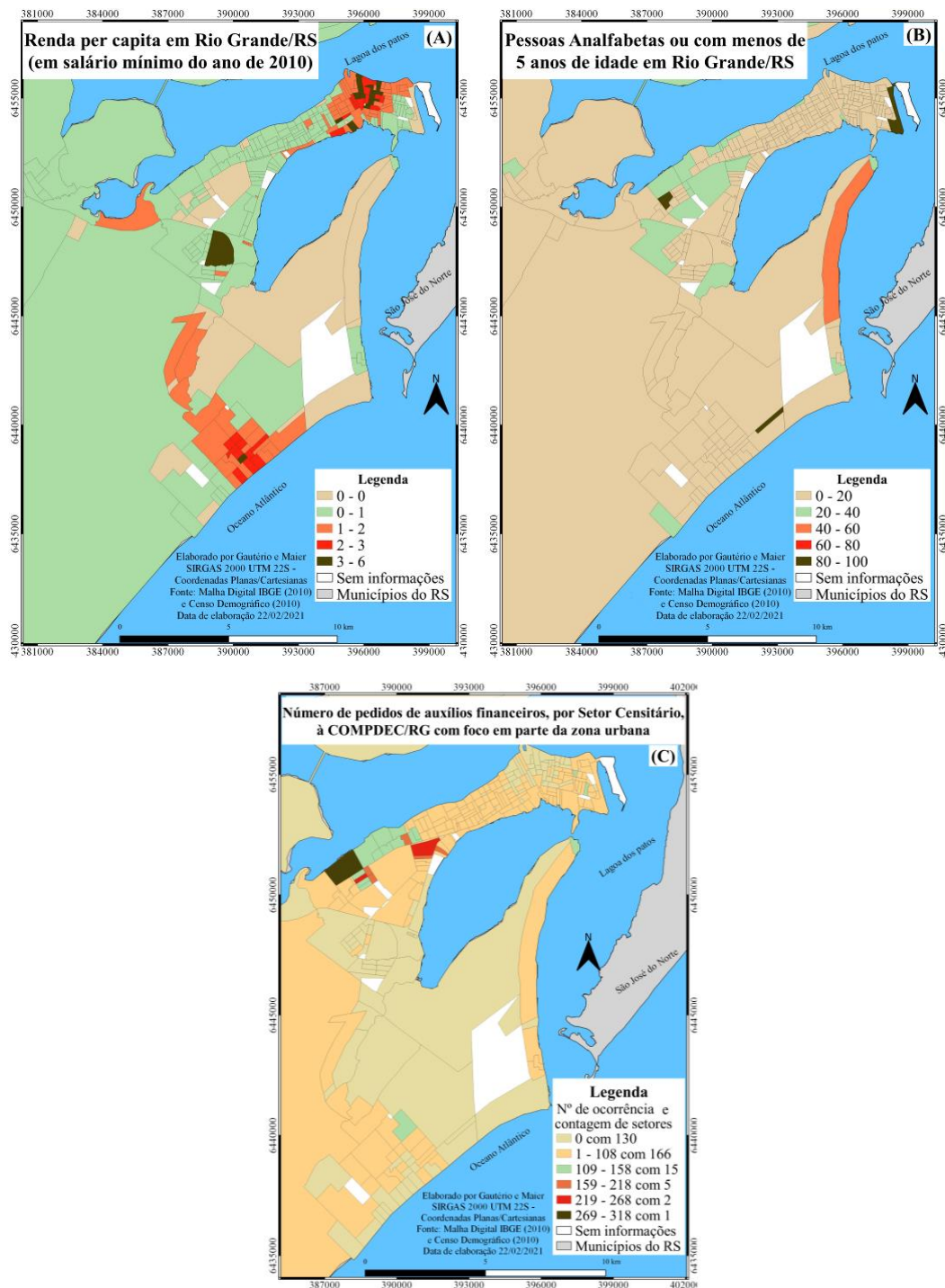
Fonte – IBGE, 2010. Organização e Elaboração – Os Autores, 2021.

### **Renda per capita, Analfabetismo e Pedidos de Auxílios Financeiros**

O fator econômico das populações diz muito sobre onde elas estão localizadas e como se comportam. A renda de um indivíduo determinará ao que ele terá acesso, onde socialmente estará inserido, qual tipo de relações sociais obterá, qual o tipo de habitação em que residirá e entre outros aspectos socioeconômicos. A condição financeira de um indivíduo ou de uma família também pode ser usada em benefício próprio para a concessão de algum auxílio do Governo. Assim como também o acesso à educação é um direito garantido pelo Estado, mas nem todos os indivíduos possuem as mesmas oportunidades para completar o seu ciclo básico de educação. A formação educacional incompleta acarreta a não oportunidade de ingresso ao mercado de trabalho fazendo com que a renda familiar decaia ou dependa única e exclusivamente de políticas públicas ou programas assistenciais.

No município, há valores isolados de renda *per capita* de 3 a 6 salários mínimos e isolados com 2 a 3 salários mínimos (Figura 3A). Essa informação é importante para compreender onde essa população com renda inferior a 2 salários mínimos está assentada e qual a condição estrutural de moradia esses indivíduos possuem. Foi identificada uma média de R\$ 671,668, sendo que o valor mínimo de salário encontrado foi de R\$ 0,00 e máximo de R\$ 3.041,02. Os altos valores de alfabetização estão interligados com as áreas de alta renda *per capita* e esse fator é inversamente proporcional ao baixo índice de alfabetização e as áreas inferiores a 2 salários mínimos (Figura 3B). Os valores mais elevados de analfabetismo estão relacionados a zonas rurais e a bairros com pouca ou nenhuma pessoa residente.

Figura 3 – Rio Grande (RS): renda *per capita* (A), número de pessoas analfabetas (B) e número de pedidos de auxílios financeiros (C)



Fonte – IBGE, 2010; COMPDEC/RG, 2015. Organização e Elaboração – Os Autores, 2021.

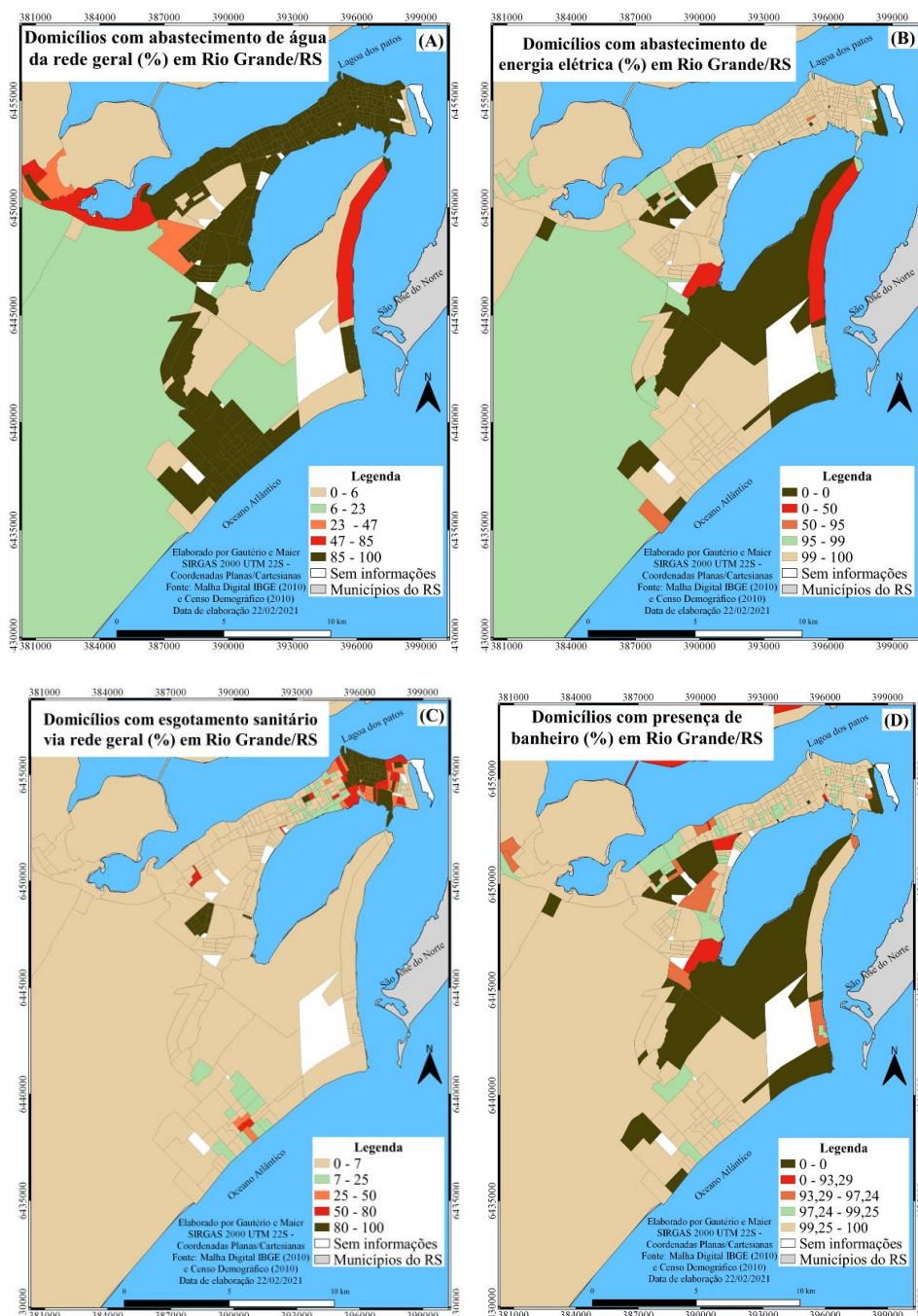
A distribuição da contagem da concentração de pedidos de auxílios financeiros (Figura 3C), serviu de base de dados para identificar quais foram os bairros que mais solicitaram ajuda e subsidiar quais devem ser atendidos com prioridade em situações de emergência. Do total de 337 Setores Censitários, 166 foram caracterizados com no mínimo 1 (um) pedido de auxílio, os quais abarcaram boa parte da mancha urbana do município. Adicionalmente, cerca de 23 obtiveram mais de 100, esses setores estão concentrados em áreas com baixa renda *per capita*, altos índices de analfabetismo e com 3 (três) a 4 (quatro) pessoas, em média, residindo no mesmo domicílio como, por exemplo, é o caso dos setores inseridos nos bairros Mangueira, Profilurb e Junção.

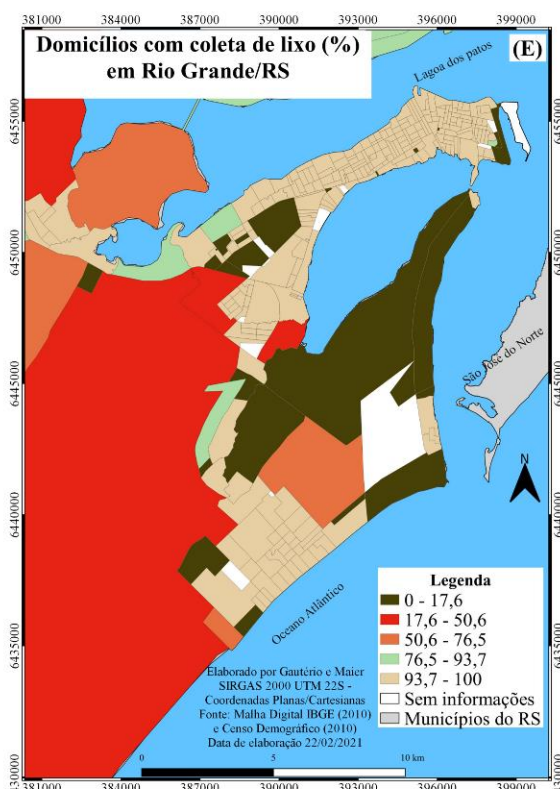


**Variáveis que Expressam a Infraestrutura Urbana**

Existem alguns fatores que compõem a infraestrutura urbana e que asseguram uma condição básica de subsistência de moradores de um determinado município. Através disso, os serviços de abastecimento de água, energia elétrica, coleta de lixo, esgotamento sanitário e presença de banheiro são algumas das variáveis que podem interferir na condição de moradia e subsistência social. Para o município, foram espacializadas essas 5 variáveis (Figura 4) citadas anteriormente com o intuito de identificar onde estão as pessoas mais vulneráveis em relação a esses requisitos básicos. Entende-se que a precipitação de granizo terá um maior risco diante das variáveis de densidade demográfica, pessoas residentes e renda *per capita*, pois elas exprimem o local de concentração populacional relacionada com a condição financeira. Porém, os serviços de abastecimento e infraestrutura auxiliam no reconhecimento do grau de pertinência da vulnerabilidade das famílias que compõem os domicílios, não os excluindo de serem atingidos pelo granizo.

Figura 4 – Rio Grande (RS): variáveis que expressam a infraestrutura urbana: água (A), energia elétrica (B), esgotamento sanitário (C), banheiro (D) e coleta de lixo (E)





Fonte – IBGE, 2010. Organização e Elaboração – Os Autores, 2021.

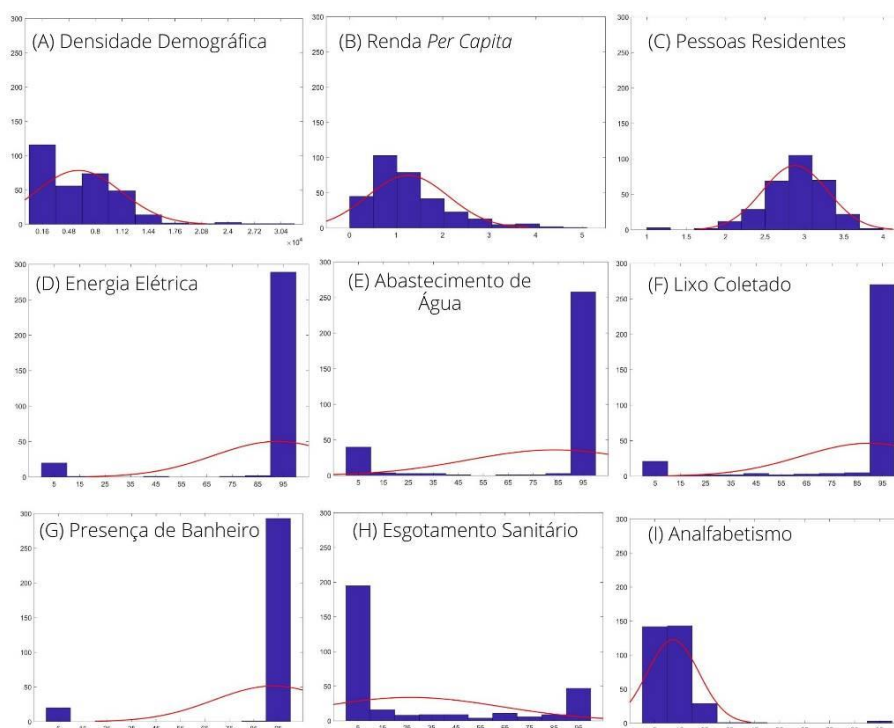
O abastecimento de água (Figura 4A) retrata a situação do abastecimento através da rede geral de distribuição e percebe-se que praticamente toda a mancha urbana do município é atendida pelo abastecimento da rede geral, porém existem outras localidades que possuem outras formas de abastecimento de água e que podem comprometer a condição de subsistência. O fornecimento de energia elétrica, (Figura 4B), poucos Setores Censitários do município não possuem acesso ao abastecimento de energia, justifica-se a possível falta de pessoas residentes nesses setores.

No sistema de esgotamento sanitário (Figura 4C) há uma enorme carência no abastecimento desse tipo de serviço, pois ele concentra-se na área urbana mais antiga do município e também em uma pequena localidade do Balneário Cassino e da zona rural do Taim. As demais localidades contam com o esgotamento de outras formas. Nos domicílios com presenças de banheiros (Figura 4D) destaca-se que boa parte do município conta com a presença do cômodo de banheiro, apresentando valores de 0% para algumas áreas que em 2010 não eram habitadas ou áreas que não poderia haver presença humana, coincidindo com a variável de energia elétrica. Por fim, no sistema de coleta de lixo (Figura 4E) retrata uma grande abrangência de atendimento aos domicílios localizados nos tecidos urbanos nos quais normalmente além de possuírem serviço de limpeza urbana, possuem caçambas e tanques para depósito dos resíduos.

#### **Modos de Classificações do Indicadores**

Os indicadores foram submetidos a distribuição de frequência (Figura 5) gerando uma representação gráfica com as classes no formato de histograma e a representação da curva de uma distribuição de frequência normal, possibilitando então uma análise espacial e comparativa entre as variáveis que compõem o cálculo do índice de vulnerabilidade. O indicador de densidade demográfica (Figura 5A) apresentou uma distribuição assimétrica positiva, decaindo a frequência dos dados conforme a densidade aumenta em relação aos Setores Censitários. Os indicadores de renda *per capita* (Figura 5B), pessoas residentes (Figura 5C) e analfabetismo (Figura 5I) demonstraram uma curvatura característica da forma simétrica da distribuição dos dados, com exceção do (I) que apresenta uma curvatura leptocúrtica. Caracterizando o rol de dados com uma distribuição normal com uma mesma frequência nos pontos equidistantes e o valor máximo no ponto central dos dados.

Figura 5 – Rio Grande (RS): distribuição de frequência das variáveis do censo IBGE



Elaboração – Os Autores, 2021.

Ambos indicadores (C) e (I) possuem valores extremos, fora da curva da normal, os quais representam valores destoantes do conjunto de dados e com baixa frequência. A partir dessa análise do comportamento dos dados, optou-se por utilizar o modo de classe que mais se adequava aos indicadores apresentados, sendo quebras naturais para (A) e (I) e intervalos iguais para (B) e (C). O mesmo procedimento foi realizado para os indicadores energia elétrica (Figura 5D), abastecimento de água (Figura 5E), lixo coletado (Figura 5F) e presença de banheiro (Figura 5G). Porém, estes indicadores demonstraram assimetrias negativas concentrando à direita a moda do rol de dados, destacando que a maioria dos Setores Censitários contam com o fornecimento dos serviços destacados.

Adicionalmente, as variáveis energia elétrica (D) e presença de banheiro (G) apresentam valores que não tocam a cauda da curva, relacionando que alguns poucos Setores Censitários não contam com os serviços da mesma forma que a grande maioria deles. Já o esgotamento sanitário (Figura 5H) apresentou uma curvatura bem achatada próximo ao eixo X, mas com altas concentrações dos dados nas extremidades, demonstrando então, que muitos Setores Censitários não são abastecidos com o esgotamento sanitário ambientalmente adequado e poucos setores recebem esse tipo de tratamento.

### **Índice de Vulnerabilidade**

O mapeamento do índice demonstrou que houve certa coerência entre os registros verdade terrestre e os indicadores oriundos do Censo IBGE, conforme aponta a Figura 6B. Alguns valores do índice foram subestimados e outros foram superestimados em relação a reta de regressão linear, isso ocorreu devido ao fato de que alguns dados não foram suficientemente capazes de expressar a sua relação com os pedidos de auxílios, subestimando o índice. Enquanto outros, superestimaram os valores encontrados de acordo com os setores. Através disso, entende-se que o índice não representou um cenário perfeito e ideal, pois se tratam de informações sobre o meio social, econômico e de infraestrutura urbana que envolvem questões complexas devido a presença do ser humano. Destacou-se especialmente quais setores foram identificados como subestimados e superestimados (Figura 6 A) com o intuito de auxiliar na análise do resultado final devido às localidades que geraram incertezas.

Ao analisar a Figura 6A destacam-se 62 setores ao total como subestimados, com foco em setores mais povoados. Acredita-se que esse resultado foi devido ao fato de que os fatores de ponderação associados aos indicadores não foram capazes de expressar uma ligação direta entre o número de pedidos de auxílios financeiros e a resultante final do índice (ou podem estar relacionados aos fatores meteorológicos

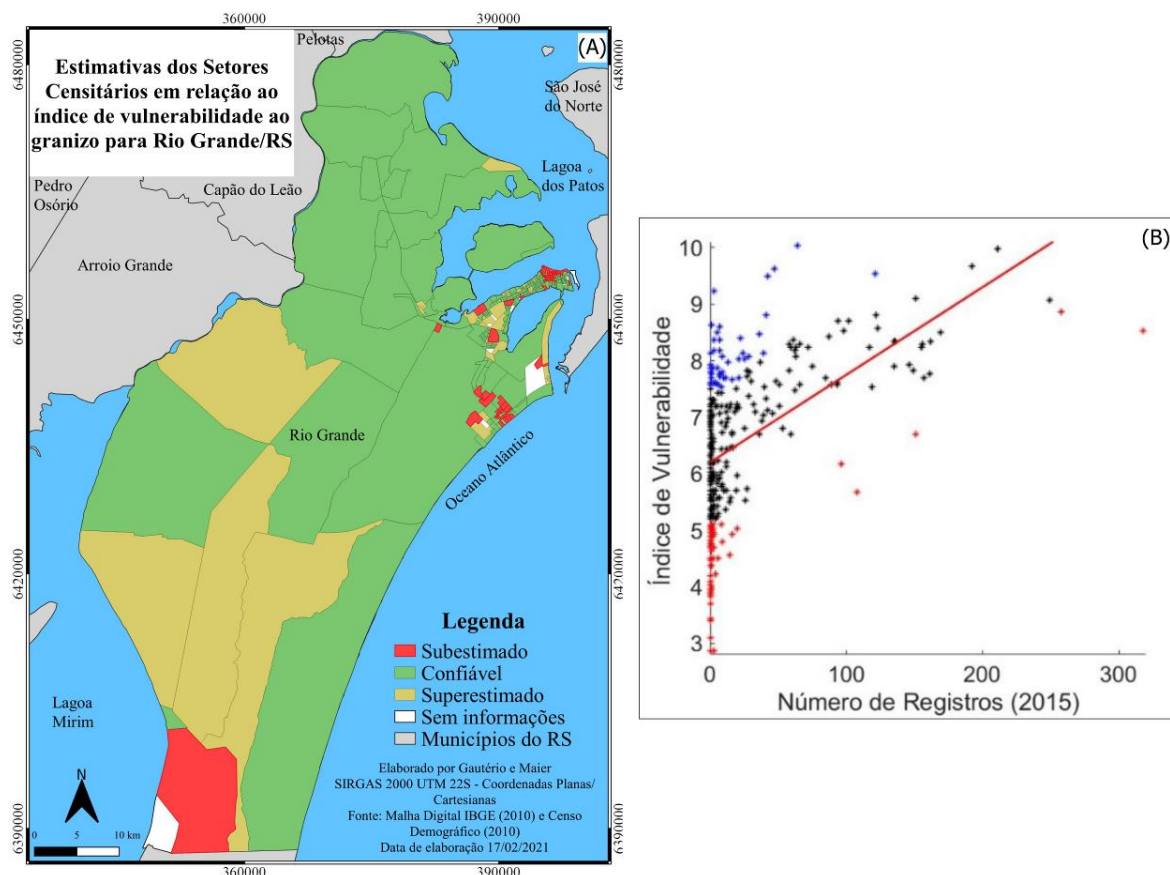
da distribuição espacial da chuva de granizo não analisada neste trabalho). Ao total, 45 setores foram destacados como superestimados e sugere-se que os fatores de ponderação associados tenham demasiadamente elevado a expressividade da vulnerabilidade em relação aos pedidos de auxílios financeiros dentro destes setores. Dos setores caracterizados como confiáveis, têm-se um total de 212, sendo 63% do total de Setores Censitários.

Ao obter-se o conhecimento das complexidades e fragilidades encontradas ao trabalhar com dados que envolvem a sociedade frente à desastres do tipo granizo para o município foi elaborado o mapa do índice de vulnerabilidade (Figura 7A). Essa espacialidade foi gerada com o intuito de compreender quais são as localidades do município que contém pessoas residentes mais vulneráveis a esse evento meteorológico e correm o risco de serem atingidas em episódios futuros semelhantes.

Os autores Nicolodi e Petermann (2010) destacaram os aspectos ambientais e sociais resultantes do processo das mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil. Rio Grande por ser um município situado na zona costeira, assentado em terrenos baixos, planos, sobre espaços expandidos por aterramento do espelho d'água e com altas taxas de risco social, demonstrou-se como a localidade do estado do RS com o índice mais elevado de vulnerabilidade ambiental e social.

Ao analisar o índice da Figura 7B, com destaque para o pontal urbano, percebe-se que o setor do Distrito Industrial (porção leste) se destaca com um grau de pertinência muito alto (em vermelho), mas é importante ressaltar que esse mesmo setor foi superestimado pelo índice. Ele é um setor com baixa densidade demográfica, mas abriga um elevado número de pessoas residentes e analfabetas, os quais receberam os maiores fatores de ponderação. Este setor conta com uma média de 4 (quatro) pessoas residentes por domicílio e 5 (cinco) domicílios particulares permanentes, segundo o censo IBGE. Além de ser um setor com poucas pessoas residentes, 50% delas são analfabetas, fazendo com que essa localidade se destaque como altamente vulnerável, apesar do pequeno grupo populacional instalado ali.

Figura 6 – Rio Grande (RS): estimativa dos Setores Censitários (A) e regressão linear da estimativa. (B)

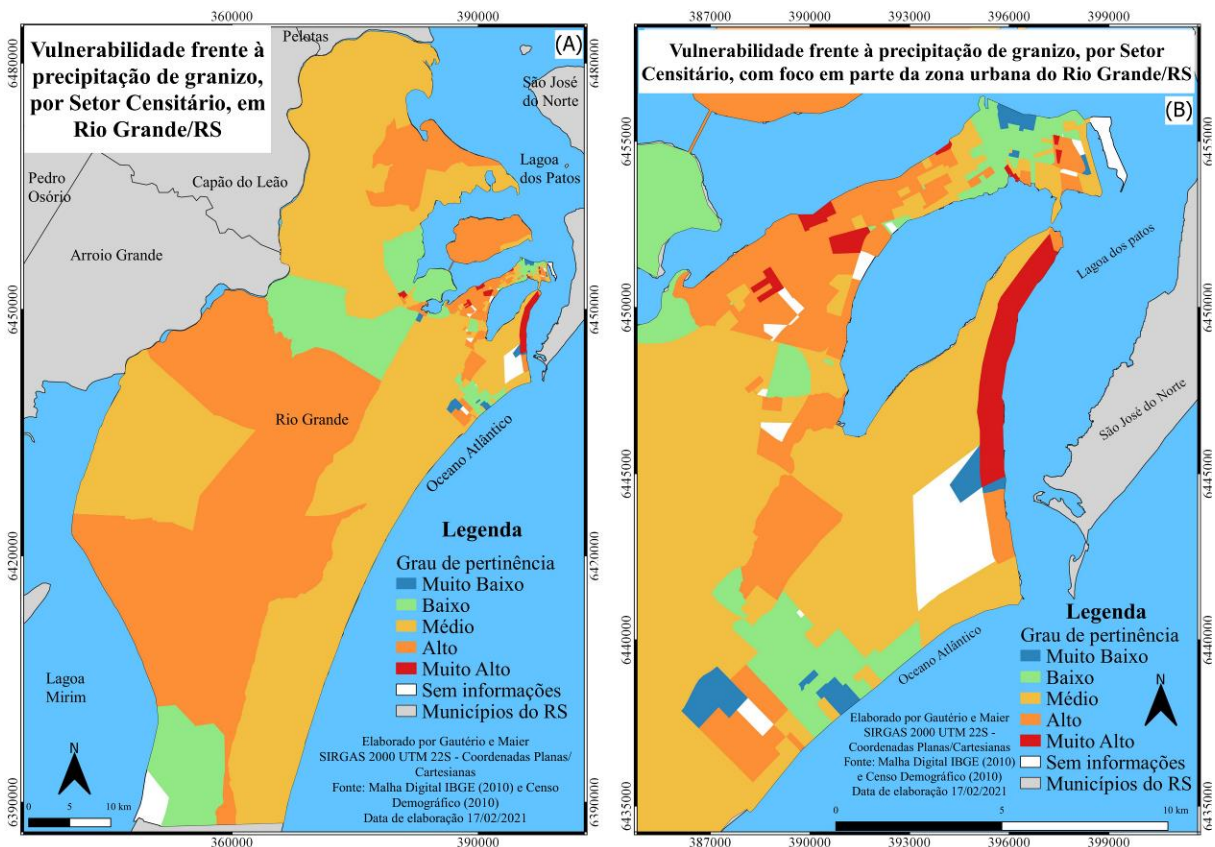


Organização e Elaboração – Os Autores, 2021.

Os setores do Bairro Getúlio Vargas, Lar Gaúcho, Cidade Nova, Junção, Bosque Silveira (porção oeste) e Castelo Branco, polígonos também destacados com a cor vermelha, totalizando 16 setores, mostraram-se com um nível muito alto. Essas localidades coincidem com os fatores de ponderação mais elevados, pois são localidades com altos valores de pessoas residentes, níveis moderados de analfabetismo, alta concentração de densidade demográfica e setores com baixa renda *per capita* para o ano de 2010.

Alguns trechos relacionados à margem da Lagoa dos Patos são vulneráveis a processos de inundações, atingindo bairros como, por exemplo, a Cidade Nova (GONZAGA et al., 2019) que compreende setores de alta vulnerabilidade no índice desenvolvido. Ferreira e Robaina (2012) também demonstram que a maior área de vulnerabilidade social frente aos processos de inundações é a Vila Dom Bosquinho, localizada no bairro Lar Gaúcho/Navegantes. Essa localidade constitui-se de uma grande área de sub-habitações edificadas sobre terrenos ganhos do Saco da Mangueira através de aterros irregulares. Já no interior do pontal arenoso em que está situado o município, os autores deflagram que os bairros Getúlio Vargas (extremo leste, próximo à área portuária), Castelo Branco (a oeste, nas imediações da Universidade Federal do Rio Grande) e o bairro Centro são os mais vulneráveis aos processos de alagamentos. Com isso, entende-se que observar a ação de outros desastres meteorológicos auxiliam na compreensão da vulnerabilidade frente à precipitação sólida.

Figura 7 – Rio Grande (RS): índice de vulnerabilidade total (A) e índice com escala ampliada para as localidades mais povoadas do município para melhor visualização (B)



Organização e Elaboração – Os Autores, 2021.

Vianna (2019) apontou que no ano de 2015 houve grande incidência de alagamentos nos bairros Cassino, Castelo Branco, Profilurb, São Miguel, São João, Recreio, Parque Coelho, Cibrazém, Buchholz, Cidade Nova, Lar Gaúcho, Navegantes, Getúlio Vargas e Bolaxa, devido ao expressivo número de atendimentos (atingindo cerca de 1.110 registros) realizados pela COMPDEC/RG. Esses bairros citados anteriormente estão espalhados ao longo de todo o distrito de Rio Grande e boa parte deles contam com baixa renda *per capita*, podendo influenciar na estrutura das casas e terrenos, bem como, no modo de vida da população local. Ainda segundo a autora, no ano de 2019, foram contabilizados diversos focos de crescimento irregular de construções realizadas (aproximadamente à oeste do Município e trecho nordeste do Saco da

Mangueira) por meio de aterramento da Lagoa dos Patos, fazendo com que o perigo à inundação seja maior nesses locais.

Os setores identificados com vulnerabilidade muito alta, são os considerados extremamente vulneráveis em caso de situação de emergência com a ocorrência de uma granizada significativa. Com isso, é importante que as medidas mitigadoras sejam voltadas a esses setores, bem como, aos setores também categorizados com um nível 'alto', os quais possuem 107 setores enquadrados nessa categoria. A categoria 'alta' está voltada aos setores situados mais a oeste do município e também aos bairros Parque São Pedro, Senandes, Bolaxa, Querência, Barra, Mangueira, Bairro Getúlio Vargas e Santa Tereza. Esses setores possuem densidades demográficas moderadas, com 3 a 4 pessoas residentes por domicílio, com renda *per capita* de 0 a 3 salários mínimos e taxas moderadas de analfabetismo. Os indicadores secundários, ou seja, que receberam um menor peso também são fatores relevantes para dar atenção a todos esses 107 setores considerados de nível 'alto'.

Ao todo no município, 77 setores foram considerados com grau de pertinência 'baixo' destacados com a coloração verde claro. Dentre eles, estão três pontos com altas densidades populacionais e ao mesmo tempo subestimados no índice, são eles: setores dentro do bairro Cassino, Jardim do Sol e Centro, além de setores adjacentes. Essas localidades possuem alta renda *per capita*, o analfabetismo é quase nulo e o número de pessoas residentes oscila entre 1 (uma) a 4 (quatro) pessoas por domicílio. Adicionalmente, esses setores são atendidos em quase 100% dos abastecimentos dos serviços de água, energia elétrica, coleta de lixo e presença de banheiro, com exceção do indicador de esgotamento sanitário que contempla em sua totalidade somente o bairro Centro. Além do mais, essas localidades estão inclusas em mais de 130 setores que não solicitaram pedidos de auxílios financeiros à COMPDEC/RG.

A classe 'muito baixa', representada pela coloração azul, enquadrou o total de 19 Setores Censitários. Eles estão situados nos bairros Cassino, Centro, Porto Novo, Distrito Industrial e Vila da Quinta, compreendendo dois distritos diferentes do município. Boa parte desses setores também estão inclusos na contagem de não pedidos de auxílios financeiros à COMPDEC/RG, influenciando então na composição do índice final através dos fatores de ponderação. Além do que, esses setores em específico não possuem valores elevados em demasia nos indicadores que obtiveram maior peso.

O índice de vulnerabilidade em consonância com a verdade terrestre trouxe à tona os principais setores em que a granizada ocorreu de forma mais degradante. Demonstrando também onde estão localizadas as pessoas que detinham a possibilidade de saque do FGTS (auxílio financeiro), visto que esse dado foi adquirido através do cadastramento na PMRG, mediante comprovação do dano à residência. Percebe-se que apenas um setor foi responsável por realizar 318 pedidos de auxílios financeiros, sendo que esse setor, do bairro Profilurb, possui altos valores de todos os indicadores, com exceção do abastecimento de esgotamento sanitário e renda *per capita*. Isso deflagra-o como um setor que possui além de condições socioeconômicas precárias, uma localidade de fragilidade na estruturação de residências, tornando-as vulneráveis em episódios de granizadas futuras. Essa vulnerabilidade pode ser vista como 'alta' no índice, demandando olhares cuidadosos da defesa civil municipal para esse setor em específico e arredores.

Alguns setores localizados na porção oeste do município, cerca de 22, também apontaram elevados pedidos de auxílios financeiros. Houveram relatos por parte dos responsáveis pelo órgão da defesa civil municipal de que essas localidades sempre são atingidas por eventos de granizo e elevados índices pluviométricos de chuva. Porém, não há registros em sistema para comprovação dessa informação, apenas a vivência dos profissionais. Os destaques em relação aos pedidos de auxílios financeiros compreendem 166 setores que obtiveram de 1 (um) até 108 pedidos e a classe com zero pedidos. Acredita-se que as pessoas residentes não solicitaram o auxílio, apesar de terem sofrido com a queda de granizo, e lidaram com os danos materiais com a própria renda, não recorrendo às esferas municipais e com isso não ficaram registradas nesse dado do ano de 2015. E também, acredita-se que muitas residências são construídas com materiais de construção civil que suportam os possíveis danos oriundos da granizada.

A discussão do trabalho foi voltada à mancha urbana do município, visto que não houve registros de pedidos de auxílios financeiros em localidades rurais do município. Porém, houve estragos contabilizados de forma interna pela COMPDEC/RG, mas esses dados não entraram na elaboração do índice por não estarem associados às solicitações de ajuda. O parecer técnico disponibilizado informou que essas áreas rurais sofreram com os transbordamentos de arroios e banhados e não diretamente com a ação do granizo.

Esta pesquisa conversa com que Bissacot e Oliveira (2016) retrataram sobre os instrumentos de gerenciamento de riscos ambientais e vulnerabilidades em que é esperado o desenvolvimento de

instrumentos automatizados. E nesse caso, o SIG proporciona a minimização da subjetividade de avaliações do ambiente através dos modelos gerados a partir das variáveis humanas, além de também mapear, classificar e estabelecer possíveis cenários de riscos e vulnerabilidades relacionadas principalmente à localidades com presença populacional. Alguns outros estudos assemelham-se a proposta metodológica apresentada e também podem contribuir com a implementação de projetos para desenvolvimento científico e tecnológico do interesse da Defesa Civil, conforme aponta a Diretriz nº 5, são eles: Reis, Ribeiro e da Silva (2020), Moreira, Britto e Kobiyama (2020), Alves e Rocha (2020) e Serafim e Bonetti (2017).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vulnerabilidade apresentada perante a precipitação de granizo demonstrou que os Setores Censitários mais vulneráveis são aqueles que possuem o maior número de pessoas residentes por domicílio e com a maior presença de pessoas analfabetas, não deixando de lado os demais indicadores que interferem diretamente na capacidade de respostas das populações como a alta concentração de pessoas em um mesmo setor e a renda dessas pessoas. O analfabetismo e a renda comprometem a construção/locação de uma moradia com estrutura que suporte os efeitos da precipitação de granizo e que não seja localizado em áreas propícias a alagamentos e inundações. A detecção do tipo de estrutura de moradia pode vir a ser um indicador relevante para ser instaurado em trabalhos futuros, bem como, a inserção de outros indicadores sociais como, por exemplo, idade, sexo e entre outros que possam auxiliar no refinamento da pesquisa apresentada.

É imprescindível que sempre sejam gerados modelos que representem o mais próximo e fiel possível a realidade da população, pois somente assim poderão ser pensados planos mais efetivos e que vão de encontro com a necessidade de cada localidade. Pensar as particularidades e assegurar medidas preventivas perpassam mais segurança e tranquilidade no modo de vida. Contudo, é preciso ir além da prática do imediatismo, é necessário colocar em execução projetos que preveem melhorias nas condições de infraestrutura urbana, maiores oportunidades de acesso ao mercado de trabalho, contemplação de residências com coberturas resistentes ao granizo, para famílias mais vulneráveis e entre outros aspectos que levam a população a suportar os eventos adversos. Eles tornam-se frequentes à medida que essa mesma população (em escala mundial) acelera os processos de mudanças climáticas e consequentemente de eventos meteorológicos extremos.

A modelagem de dados que contemplam características intrínsecas a sociedade são extremamente complexas de serem trabalhadas em consonância com o tempo meteorológico, mas são extremamente necessárias para mitigar que a população seja atingida frequentemente por eventos adversos. A identificação de áreas vulneráveis socialmente permite traçar planejamentos e organizar planos de ações norteadores para o atendimento de localidades com altos graus de exposição aos eventos e altos riscos ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à COMPDEC/RG pela parceria e pela disposição no auxílio de acesso aos dados. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil CAPES – Código de Financiamento 001. Assim, agradecemos à CAPES pelos recursos recebidos ao longo dessa pesquisa e ao Laboratório de Climatologia e Cartografia – LaCCa da Universidade Federal do Rio Grande pelo espaço físico para elaboração da pesquisa em gabinete.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, H. P. da F.; ROCHA, H. S. Análise intraurbana da vulnerabilidade socioambiental no município de Guarulhos no contexto das mudanças climáticas. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.23, n.1, p. 107-128, Jan-Abr 2020. <https://doi.org/10.5801/ncn.v23i1.6649>
- BISSACOT, T. C. C.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Instrumento para o gerenciamento de riscos ambientais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.21, n.2, p. 227-232, Abr-Jun 2016. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016140442>
- CALDANA, N. F. da S. et al. Precipitações de granizo e os impactos na mesorregião sudoeste paranaense, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.12, n.04, p. 1327-1339, Abr 2019. <https://doi.org/10.26848/rbqf.v12.4.p1327-1339>

COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. **Tabela de classificação de desastres**. Goiás, 2012. Disponível em: <https://bitly.com/pYAZQG>. Acesso em: 23 abr. 2022.

COMPDEC/RG - Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande. **Lista de endereço das famílias atingidas pelo temporal de granizo**. Estado do Rio Grande do Sul, município do Rio Grande, p. 306, 2015.

DORNELES, V. R.; RIQUETTI, N. B.; NUNES, A. Forçantes dinâmicas e térmicas associadas a um caso de precipitação intensa sobre o Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.26, p. 220-232, Jan-Jun 2020. <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.58162>

ESTEVES, C. J. DE O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Caderno IPARDES – Estudos e Pesquisas**, Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, v.1, n.2, p. 62-79, dez. 2011.

FERREIRA, J. F.; ROBAINA, L. E. de S. Expansão urbana e o perigo de desastres por inundação em Rio Grande/RS. **Revista Geografia**, Rio Claro: UNESP, v.37, n.3, p. 445-462p, set-dez 2012.

GAUTÉRIO, B. C. **Mapeamento da vulnerabilidade social diante da precipitação de granizo em Rio Grande/RS**. 112 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2021.

GAUTÉRIO, B. C.; MAIER, E. L. B. Caracterização socioeconômica da precipitação de granizo em Rio Grande/RS: um estudo de caso sobre a granizada em setembro de 2015 e seus efeitos. **Revista GeoUECE**, v. 10, n. 18, p. 135-152, Ago 2021.

GAUTÉRIO, B. C.; PERES, T. C.; AQUINO, F. E. Espacialização do desastre meteorológico do tipo granizo na região sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA – ENANPEGE, 14., 2021, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2021, p. 1-18.

GONZAGA, B. A. et al. Geração de mapas de vulnerabilidade à inundação em uma área do município do Rio Grande (RS) para eventos ocorridos entre 1987 a 2017. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., Santos-SP, 2019. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2019, p. 1322-1325.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha de Setores Censitários**. [documento eletrônico], 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?edicao=26589&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 25 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do censo demográfico 2010**: resultados do universo por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011, p. 201. Disponível em: <https://bitly.com/MvRjql>. Acesso em: 25 abr. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua – Brasil – RS – Rio Grande**. 2020 [documento eletrônico]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 24 ago. 2020.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global Warming of 1.5°C**. 2018, 630p. Disponível em: [encurtador.com.br/dtzF1](http://encurtador.com.br/dtzF1). Acesso em: 23 abr. 2022.

KRUSCHE, N.; SARAIVA, J.M.; REBOITA, M. **Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS**. Rio Grande: editora UFSM, 2002.

LIMA, C. O.; BONETTI, J. Proposta metodológica para adequação das informações do censo demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.63, n.2, p. 120-138, Jul-Dez 2018. [https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375.2018\\_n2\\_122-140](https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375.2018_n2_122-140)

MARTINS, J. A. et al. Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, Holand, v. 184, p. 126-138, Feb 2017. DOI. 10.1016/j.atmosres.2016.10.012. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.10.012>

MOREIRA, L. L.; BRITTO, M. M.; KOBIYAMA, M. Efeito do Uso de Diferentes Métodos de normalização na construção de índices de vulnerabilidade a inundações. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES – ABRHIDRO, 2., 2020, Rio de Janeiro, **Anais ...** Rio de Janeiro: evento online, 2020, p. 1-4.

MURILLO, E. S.; HOMEYER, C. R. Severe Hail Fall and Hailstorm Detection Using Remote Sensing



Observations. **NASA Pulic Acess**, v.58, n.5, p. 947-970, 2019. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-18-0247.1>

NEDEL, A.; SAUSEN, T. M.; SAITO, S. M. Zoneamento dos desastres naturais ocorridos no estado do Rio Grande do Sul no período 1989 – 2009: granizo e vendaval. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p. 119-126, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200001>

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Portugal/Brasil, v.10, n.2, p. 151-177, Jun 2010. <https://doi.org/10.5894/rqci206>

QGIS. **Programa QGIS Versão 3.14pi**. 19 jun. de 2020. Disponível em: [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/visualchangelog314/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/visualchangelog314/index.html). Acesso em: 05 ago. 2020.

RADAM/BRASIL. **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Rio de Janeiro: IBGE, 1986.

REIS, G. de A.; RIBEIRO, A. J. A.; DA SILVA, C. A. U. Diagnóstico de vulnerabilidade socioambiental em áreas urbanas utilizando inteligência geográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.13, n.02, p. 767-781, 2020. p767-781. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p767-781>

SERAFIM, M. B.; BONETTI, J. Vulnerabilidade das praias do estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério. In: **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v.8, n.2, p. 36-54, 2017. <https://doi.org/10.5380/abequa.v8i2.47281>

STRAHLER, A.N. **Physical Geography**. 3d., New York: John Willey, p. 13-66, 1969.

TAVARES, R. Clima, tempo e desastres. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Ed). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 111-146.

VIANA, H. D. **Geoprocessamento como subsídio às ações da Defesa Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso – Geoprocessamento, IFRS/Rio Grande, 35 p, 2019.

WMO – World Meteorological Organization. **The global climate 2011-2015**: heat records and high impact weather. 2016. Disponível em: <https://bitly.com/TmZBcL>. Acesso em: 23 abr. 2022.

---

Recebido em: 24/06/2022

Aceito para publicação em: 07/02/2023