



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

**MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIAL DIANTE DA  
PRECIPITAÇÃO DE GRANIZO EM RIO GRANDE – RS**

Bruna Cavalcanti Gautério

Orientador: Prof. Dr. Éder Leandro Bayer Maier

Rio Grande – RS, 17 de março de 2021.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

Bruna Cavalcanti Gautério

**MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIAL DIANTE DA  
PRECIPITAÇÃO DE GRANIZO EM RIO GRANDE – RS**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para obtenção de título de Mestra em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Orientador: Prof. Dr. Éder Leandro Bayer Maier.

Rio Grande – RS, 17 de março de 2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

**Ficha Catalográfica**

G275m Gautério, Bruna Cavalcanti.  
Mapeamento da vulnerabilidade social diante da precipitação de granizo em Rio Grande - RS / Bruna Cavalcanti Gautério. – 2021.  
112 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Grande/RS, 2021.  
Orientador: Dr. Éder Leandro Bayer Maier.

1. SIG 2. Precipitação sólida 3. Risco I. Maier, Éder Leandro Bayer II. Título.

CDU 911(816.5)

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Vanessa Ceiglinski Nunes CRB 10/2174



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Prof. Dr. Éder Leandro Bayer Maier (FURG – ICHI).

---

Prof. Dr. João Luiz Nicolodi (FURG – ICHI).

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliana Veleda Klering (UFPEL – FMET).

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Emiko Sato (FURG – ICHI). (Suplente)

---

Rio Grande, 17 de março de 2021.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço à vida, principalmente nesse período de pandemia, por ter saúde e as pessoas que amo por “perto”. Agradeço a mim, por sempre batalhar e não pensar em desistir.

Agradeço à minha família, em especial, à minha mãe Ana Paula e ao meu pai Jurandir, por sempre me incentivarem a estudar independente das circunstâncias. E ao meu noivo Uirys por sempre me apoiar e me auxiliar em todas as etapas das nossas vidas.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande – FURG, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, à Capes e aos professores/as da FURG e da USP que me proporcionaram condições de concluir mais essa etapa em minha vida. À Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande pela receptividade e disponibilização dos dados da pesquisa. Ao meu querido orientador Éder pelo comprometimento e responsabilidade com a nossa pesquisa. Obrigada por me acompanhar em mais um momento da vida acadêmica.

Aos colegas do laboratório LACCA que sempre estiveram disponíveis para me auxiliar e apoiar durante a caminhada do mestrado. Gostaria de agradecer em especial à Aline, à Tainã, à Letícia e à Maria Cristina que foram seres iluminados que sempre me acompanharam de forma carinhosa e acolhedora nessa minha jornada. Obrigada, vocês são as mulheres incríveis!

Aos meus/minhas queridos/as professores/as do IFRS que de forma indireta me auxiliaram na caminhada do mestrado, em especial, à Prof<sup>a</sup> Carolina, que humanamente me emprestou o seu computador para finalizar a minha pesquisa, à Prof<sup>a</sup> Júlia e ao Prof Jean. Agradeço também ao bolsista do GeoGM, Henrique Ferreira pelo auxílio na etapa de georreferenciamento dos dados da COMPDEC.

Agradeço aos/às meus/minhas amigos/as e familiares por serem uma rede de apoio em dois anos intensos da minha vida. Agradeço a todos os profissionais da FURG que sempre me atenderam com atenção e zelo. Aos colegas e professores/as da Geo. Licenciatura e aos colegas da Escala Assessoria Júnior por trilharem meu caminho e me compreenderem enquanto estudante de pós-graduação.

Agradeço aos meus colegas de mestrado por compartilharem desse momento comigo, em especial, ao colega Fabrini que sempre me deu apoio e força! Por fim, agradeço à todas e todos que compartilharam esse caminho lindo comigo. Grata, imensamente grata, e enfim MestrA.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**LINHA DE PESQUISA: ANÁLISE DOS SISTEMAS NATURAIS E AMBIENTAIS**

“Como questão social, o risco interroga necessariamente a geografia que se interessa pelas relações sociais e por suas traduções espaciais”.

Veyret, 2007.

## **RESUMO**

O município do Rio Grande/RS está situado em latitudes subtropicais, onde ocorre a formação e a passagem de sistemas atmosféricos que podem desencadear eventos meteorológicos extremos e com isso, o estudo da vulnerabilidade social torna-se relevante para o gerenciamento de riscos socioambientais e o estabelecimento de planos de prevenção e mitigação. Nesse contexto, este trabalho apresenta a proposta metodológica para o mapeamento do índice da vulnerabilidade social do município do Rio Grande/RS frente à ocorrência de granizo. O índice de vulnerabilidade foi obtido por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que calculou uma relação entre fatores de ponderação e indicadores socioeconômicos e da infraestrutura urbana. Os indicadores foram obtidos no banco de dados do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010 e o índice final foi validado com dados dos pedidos de auxílio financeiro à Prefeitura Municipal do Rio Grande (PMRG), por meio da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil, ocorridos no ano de 2015 por causa da precipitação de granizo, fortes chuvas e intensos ventos gerados por uma instabilidade pré-frontal que perdurou quatro dias. As vulnerabilidades socioeconômicas frente à ocorrência de granizo classificadas como 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 do município como, por exemplo, o bairro Getúlio Vargas e o bairro Carreiros. Para a validação do índice foi utilizado Análise de Dependência por Regressão Linear, responsável por mensurar a dependência entre o índice e os pedidos de auxílios, sendo que 212 setores censitários apresentaram confiabilidade nos resultados, sendo possível então a utilização do índice como instrumento para a tomada de decisão municipal.

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

## ***ABSTRACT***

The city of Rio Grande / RS is located in subtropical latitudes, where the formation and passage of atmospheric systems occurs that can trigger extreme weather events and, with this, the study of social vulnerability becomes relevant for the management of socioenvironmental risks and the establishment of prevention and mitigation plans. In this context, this work presents the methodological proposal for mapping the social vulnerability index in the city of Rio Grande / RS in the face of hail. The vulnerability index was obtained through a Geographic Information System (GIS) that calculated the relationship between weighting factors and socioeconomic indicators and urban infrastructure. The indicators were obtained from the Census database of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (*IBGE*) in 2010 and the final index was validated with data from requests for financial assistance from the city of Rio Grande (*PMRG*), through the Municipal Coordination of Civil Protection and Defense, occurred in 2015 due to hail precipitation, heavy rains and intense winds generated by a prefrontal instability that lasted four days. The socioeconomic vulnerabilities to the occurrence of hail classified as very high are located to the west of the city and in the Industrial district and those classified as high were identified in all districts of the city, with emphasis on the western portion of the municipality, such as, for example, the neighborhoods of *Getúlio Vargas* and *Carreiros*. For the validation of the index, Dependence Analysis by Linear Regression was used, responsible for measuring the dependence between the index and requests for receipt, with 212 census sectors confidential data in the results, making it possible then to use the index as an instrument for making municipal decisions.

**Keywords:** GIS. Solid Precipitation. Social Risks.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Localização do município do Rio Grande/RS e vias de acesso. ....   | 18 |
| Figura 2: Áreas Urbanas e Rurais do município do Rio Grande/RS. ....   | 18 |
| Figura 3: Divisão distrital do Rio Grande/RS. ....   | 19 |
| Figura 4: Visão geral dos bairros do município do Rio Grande/RS. ....  | 20 |
| Figura 5: Visão central dos bairros do município do Rio Grande/RS. ....  | 21 |
| Figura 6: Unidades censitárias do Rio Grande/RS. ....  | 21 |
| Figura 7: Setores censitários do Rio Grande/RS. ....   | 22 |
| Figura 8: Desenho realizado pelo Brigadeiro José da Silva Paes onde mostra o plano de controle da entrada da Lagoa dos Patos, estabelecido por José da Silva Paes em 1737, por ordem do Governador Gomes Freire de Andrade. .... | 23 |
| Figura 9: Representação da Vila do Rio Grande de São Pedro. ....   | 24 |
| Figura 10: Mapa de localização dos marcos dos fortes (à esquerda) e imagens dos marcos (à direita). ....   | 24 |
| Figura 11: Terminal marítimo do Porto do Rio Grande. ....  | 25 |
| Figura 12: Expansão urbana do Rio Grande durante 280 anos. ....  | 26 |
| Figura 13: Limites da Bacia Sedimentar de Pelotas. ....  | 28 |
| Figura 14: Sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. ....  | 29 |
| Figura 15: Divisão do Pleistoceno e do Holoceno através das cinco séries representadas pelos cordões litorâneos regressivos. ....  | 30 |
| Figura 16: Lagoa Mirim e Laguna dos Patos. ....  | 31 |
| Figura 17: Deságue da Laguna dos Patos no Oceano Atlântico. ....   | 31 |
| Figura 18: Drenagem do sistema Patos-Mirim. ....   | 32 |
| Figura 19: Localização do estuário da Laguna dos Patos. ....   | 33 |
| Figura 20: Disposição dos corpos hídricos e áreas úmidas de Rio Grande/RS. ....  | 35 |
| Figura 21: APA da Lagoa Verde. ....  | 35 |
| Figura 22: Normais climatológicas provisórias mensais de taxa de precipitação no período de 1991 a 2000. ....  | 37 |
| Figura 23: Vulnerabilidade e seus fatores. ....  | 39 |
| Figura 24: Residências identificadas com coberturas de lona plástica na Vila Dom Bosquinho. ....   | 41 |
| Figura 25: Principais elementos que constituem os diferentes tipos de risco descritos por Veyret (2007). ....  | 46 |
| Figura 26: Processo de formação, desenvolvimento e dissipação de uma nuvem cumulonimbus. ....  | 50 |
| Figura 27: Processo de formação do granizo em uma nuvem cumulonimbus. ....   | 52 |
| Figura 28: Mapeamento de registros da precipitação de granizo no Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1991 a 2012. ....  | 54 |
| Figura 29: Danos em cobertura de residências da área urbana em função da queda de granizo do dia 21/09/15, nas fotos acima mostra-se residências cobertas com lona plástica na Vila Militar. ....                                | 54 |
| Figura 30: Sistemas da circulação atmosférica da América do Sul que podem desencadear nuvens de tempestades com precipitação de granizo: (a) troposfera inferior e (b)   |    |

|   |    |
|---|----|
| troposfera superior (à esquerda) e principais centros de ação sob a América do Sul (à direita).....   | 55 |
| Figura 31: Probabilidade de ocorrência de granizo na região ecoclimática Litoral do RS para as quatro estações do ano (1944-1996).....  | 56 |
| Figura 32: Anomalia da TSM em caso de El Niño e La Niña.....  | 59 |
| Figura 33: Intersecção dos setores censitários pela divisão distrital do Rio Grande/RS.....   | 68 |
| Figura 34: Intersecção dos bairros do Rio Grande com os setores censitários, visão geral do município.....  | 68 |
| Figura 35: Intersecção dos bairros centrais do município com os setores censitários. ..   | 69 |
| Figura 36: Fluxograma da metodológico empregado.....  | 71 |
| Figura 37: Densidade demográfica por setor censitário em Rio Grande/RS.....   | 78 |
| Figura 38: Pessoas residentes por setor censitário em Rio Grande/RS.....  | 79 |
| Figura 39: Renda <i>per capita</i> em salários mínimos e por setor censitário em Rio Grande/RS.....   | 80 |
| Figura 40: Porcentagem das pessoas analfabetas ou menores que 5 anos de idade por setor censitário em Rio Grande/RS.....  | 81 |
| Figura 41: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral por setor censitário em Rio Grande/RS (%). .....   | 83 |
| Figura 42: Domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral por setor censitário em Rio Grande/RS (%). .....  | 85 |
| Figura 43: Domicílios particulares permanentes com presença de banheiro por setor censitário em Rio Grande/RS (%). .....  | 86 |
| Figura 44: Domicílios particulares permanentes com energia elétrica por setor censitário em Rio Grande/RS (%). .....  | 87 |
| Figura 45: Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por setor censitário em Rio Grande/RS (%). .....   | 88 |
| Figura 46: Contagem de pedidos de auxílios financeiros à PMRG e COMPDEC/RG por Setor Censitário. ....   | 89 |
| Figura 47: Distribuição de frequência da densidade demográfica (A), renda <i>per capita</i> (B), pessoas residentes (C), distribuição de energia elétrica (D), abastecimento de água (E), lixo coletado (F), presença de banheiro (G), esgotamento sanitário (H) e analfabetismo (I) com os valores relativos de cada variável para determinar os intervalos de classes. .... | 90 |
| Figura 48: Valores subestimados em vermelho e valores superestimados em azul. ....  | 92 |
| Figura 49: Setores Censitários destacados como subestimados e superestimados.....   | 93 |
| Figura 50: Índice de vulnerabilidade frente à precipitação de granizo.....  | 95 |
| Figura 51: Índice de vulnerabilidade frente à precipitação de granizo nas localidades mais povoadas do município.....   | 96 |

## **LISTA DE QUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1: Conceitos e definições utilizados. ....  | 43 |
| Quadro 2: Descrição dos dados a serem utilizados e suas respectivas fontes de obtenção.<br>.....   | 69 |
| Quadro 3: Valores de correlação entre os números de pedidos de auxílios financeiro à<br>PMRG e COMPED/RG por setores censitários e a ocorrência da incidência dos dados do<br>IBGE. .... | 73 |
| Quadro 4: Fatores de ponderação. ....  | 74 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                 |    |
|-----------------|----|
| Equação 1:..... | 71 |
| Equação 2:..... | 71 |
| Equação 3:..... | 72 |
| Equação 4:..... | 72 |
| Equação 5:..... | 74 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIÇÕES

|  |   |
|--|---|
| <b>ABDN</b> – Atlas Brasileiro de Desastres Naturais   | <b>IVS</b> – Índice de Vulnerabilidade Social                             |
| <b>ABNT</b> – Associação Brasileira de Normas Técnicas   | <b>LIT</b> – Laboratório de Integração e Testes                           |
| <b>AHP</b> - <i>Analytic Hierarchy Process</i>   | <b>MMA</b> – Ministério do Meio Ambiente                                  |
| <b>APA</b> – Área de Proteção Ambiental  | <b>NAO</b> – <i>North Atlantic Oscillation</i>                            |
| <b>ATLDC</b> – Atlas do Censo Demográfico  | <b>NASA</b> – <i>National Aeronautics and Space Administration</i>        |
| <b>BR</b> – Brasil   | <b>NBR</b> – Norma Brasileira   |
| <b>CBERS</b> – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres   | <b>NE</b> – Nordeste  |
| <b>CEPED</b> – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres                             | <b>NNE</b> – Norte-Nordeste   |
| <b>CNUC</b> – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação   | <b>NOAA</b> – <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>      |
| <b>COBRADE</b> – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres                                   | <b>PDI</b> – Processamento Digital de Imagens                             |
| <b>COMPDEC/RG</b> – Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande                   | <b>PDO</b> – <i>Pacific Decadal Oscillation</i>                           |
| <b>CPTEC</b> – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  | <b>PIB</b> – Produto Interno Bruto  |
| <b>EIA</b> – Estudo de Impacto Ambiental   | <b>PNMC</b> – Plano Nacional Sobre Mudanças do Clima                      |
| <b>ELAT</b> – Grupo de Eletricidade Atmosférica  | <b>PMRG</b> – Prefeitura Municipal do Rio Grande                          |
| <b>EMATER/RS</b> - Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável do Rio Grande do Sul | <b>PX</b> – Ponto Extremo   |
| <b>ENOS</b> – <i>El Niño</i> Oscilação Sul   | <b>RIMA</b> – Relatório de Impacto Sobre o Meio Ambiente                  |
| <b>ESRI</b> – <i>Environmental Systems Research Institute</i>  | <b>RS</b> – Rio Grande do Sul   |
| <b>FGTS</b> - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  | <b>SC</b> – Setor Censitário  |
| <b>HGE</b> – Hidrologia de Grande Escala   | <b>SCD</b> – Satélite de Coleta de Dados                                  |
| <b>IBGE</b> – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  | <b>SGI</b> – Sistema Geográfico de Informações                            |
| <b>ICMBIO</b> – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade                                | <b>SIG</b> – Sistema de Informações Geográficas                           |
| <b>IFRS/RG</b> – Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus Rio Grande                              | <b>SIRGAS</b> - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas        |
| <b>IG</b> – Informação Geográfica  | <b>SNUC</b> – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza     |
| <b>INPE</b> – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  | <b>SPRING</b> – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas |
| <b>IPCC</b> – <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>   | <b>SSO</b> – Sul-Sudoeste   |
|  | <b>SUPRG</b> – Superintendência do Porto do Rio Grande                    |
|  | <b>S2ID</b> – Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres            |
|  | <b>TSM</b> – Temperatura da Superfície do Mar                             |
|  | <b>UC</b> – Unidade Censitária  |
|  | <b>UC<sup>2</sup></b> - Unidade de Conservação                            |
|  | <b>WMO</b> – <i>World Meteorological Organization</i>                     |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Introdução</b> .....                                | 16 |
| <b>2. Justificativa</b> .....                             | 16 |
| <b>3. Área de Estudo</b> .....                            | 17 |
| 3.1. Breve Contextualização Histórica .....               | 22 |
| 3.2. Breve Contextualização dos Aspectos Físicos .....    | 27 |
| <b>4. Objetivo Geral</b> .....                            | 38 |
| 4.1. Objetivos Específicos .....                          | 38 |
| <b>5. Referencial Teórico</b> .....                       | 39 |
| 5.1. Vulnerabilidade .....                                | 39 |
| 5.2. Risco.....   | 44 |
| 5.2.1. Risco Ambiental.....                               | 47 |
| 5.3. Granizo .....  | 49 |
| 5.4. Eventos Extremos.....                                | 57 |
| 5.5. Sistema de Informações Geográficas .....             | 61 |
| 5.5.1. Criação de Índices em ambiente SIG .....           | 66 |
| <b>6. Material e Métodos</b> .....                        | 67 |
| 6.1. Dados.....   | 69 |
| 6.2. Procedimentos Metodológicos .....                    | 70 |
| 6.2.1. Aquisição de dados .....                           | 71 |
| 6.2.2. Pré-processamento.....                             | 72 |
| 6.2.3. Reclassificação .....                              | 73 |
| 6.2.4. Fatores de ponderação .....                        | 73 |
| 6.2.5. Composição final do índice .....                   | 74 |
| 6.2.6. Mapeamento dos pedidos de auxílios financeiro..... | 75 |
| 6.2.7. Validação do Índice .....                          | 75 |
| <b>7. Resultados e Discussões</b> .....                   | 76 |
| 7.1. Análise dos indicadores.....                         | 76 |
| 7.1.1. Densidade Demográfica .....                        | 76 |
| 7.1.2. Pessoas Residentes .....                           | 78 |
| 7.1.3. Renda <i>per capita</i> .....                      | 79 |
| 7.1.4. Analfabetismo.....                                 | 81 |
| 7.1.5. Domicílios com abastecimento de água .....         | 82 |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.1.6.    | Domicílios com esgotamento sanitário .....             | 84         |
| 7.1.7.    | Domicílios com presença de banheiro .....              | 85         |
| 7.1.8.    | Domicílios com abastecimento de energia elétrica ..... | 86         |
| 7.1.9.    | Domicílios com coleta de lixo .....                    | 87         |
| 7.1.10.   | Pedidos de auxílio financeiro .....                    | 89         |
| 7.2.      | Modos de classificações dos indicadores .....          | 90         |
| 7.3.      | Índice de Vulnerabilidade .....                        | 92         |
| <b>8.</b> | <b>Considerações Finais</b> .....                      | <b>101</b> |
| <b>9.</b> | <b>Referências</b> .....                               | <b>103</b> |

## **1. Introdução**

Segundo a *World Meteorological Organization* – WMO (2016) as mudanças no sistema climático do planeta Terra alertam para a alteração das características do estado médio da atmosfera. Com isso, algumas variáveis, como por exemplo, a temperatura, a precipitação, a ocorrência de eventos extremos, e entre outras, podem sofrer modificações em seus padrões. Através disso, a Ciência Geográfica em conjunto com as Geotecnologias dá suporte na geração de futuros cenários de riscos ambientais (Christopherson e Birkeland, 2017).

O método de análise do espaço terrestre com múltiplos critérios fornece apoio na tomada de decisão e possibilita integrar diversos planos de informações para analisar uma situação complexa. O ser humano sofre, diretamente, com as alterações oriundas de eventos extremos climáticos. Com isso, é necessário que análises espaciais sejam feitas com o propósito de prevenir possíveis desastres naturais.

Segundo a WMO (2016), o aumento dos eventos extremos nos últimos 15 anos relacionados, principalmente, a precipitação e enchentes afetam drasticamente a população. O município do Rio Grande/RS está situado em uma faixa de frequente atividade ciclogénica<sup>1</sup>. Nele, passam, aproximadamente, 16 sistemas frontais por estação do ano (Krusche, Saraiva e Reboita, 2002) que podem evoluir para um evento extremo.

O município vivencia dentro de um espaço de tempo episódios de enchentes, ocorrência de granizos, ciclones extratropicais, inundações e entre outros fenômenos que comprometem a sua capacidade de resiliência socioambiental. Frente esse cenário as geotecnologias através dos métodos de análise espacial dão suporte para que esses eventos sejam premeditados.

## **2. Justificativa**

Visto que o município do Rio Grande/RS é frequentemente atingido por eventos extremos e existe uma carência de um planejamento proativo é fundamental espacializar as áreas de vulnerabilidades sociais. O mapeamento das mesmas auxiliará no processo de

---

<sup>1</sup> Segundo Reboita *et al* (2012, p.43), a atividade ciclogénica faz referência à formação e intensificação de ciclones extratropicais na costa sul/sudeste do Brasil, na desembocadura do Rio da Prata, no Uruguai, e na costa sul da Argentina.



minimizar ou prevenir os danos sociais e econômicos provocados por severos eventos de precipitação sólida.

O estudo abordado nesta pesquisa também contribui de forma teórica para outros trabalhos científicos que dialoguem com a temática de eventos extremos. Esta pesquisa também carrega a justificativa de contribuição da pesquisa sobre a precipitação de granizo no município do Rio Grande associado aos riscos atrelados à mesma, visto que não foram encontradas referências específicas sobre esse assunto – exceto o Atlas Sobre Desastres Naturais que aborda sucintamente os episódios de queda de granizo em um período de 12 anos.

### **3. Área de Estudo**

O município do Rio Grande está localizado no sul do Estado do Rio Grande do Sul (ver Figura 1) e possui uma área territorial de aproximadamente 3.300 km<sup>2</sup> dividida em zonas urbanas e rurais (ver Figura 2). Segundo o IBGE no censo de 2010 havia 197.228 pessoas contabilizando então, uma densidade demográfica de 72,79 habitantes/km<sup>2</sup>. A estimativa é de que no ano de 2019 haja cerca de 211 mil pessoas residindo no município.

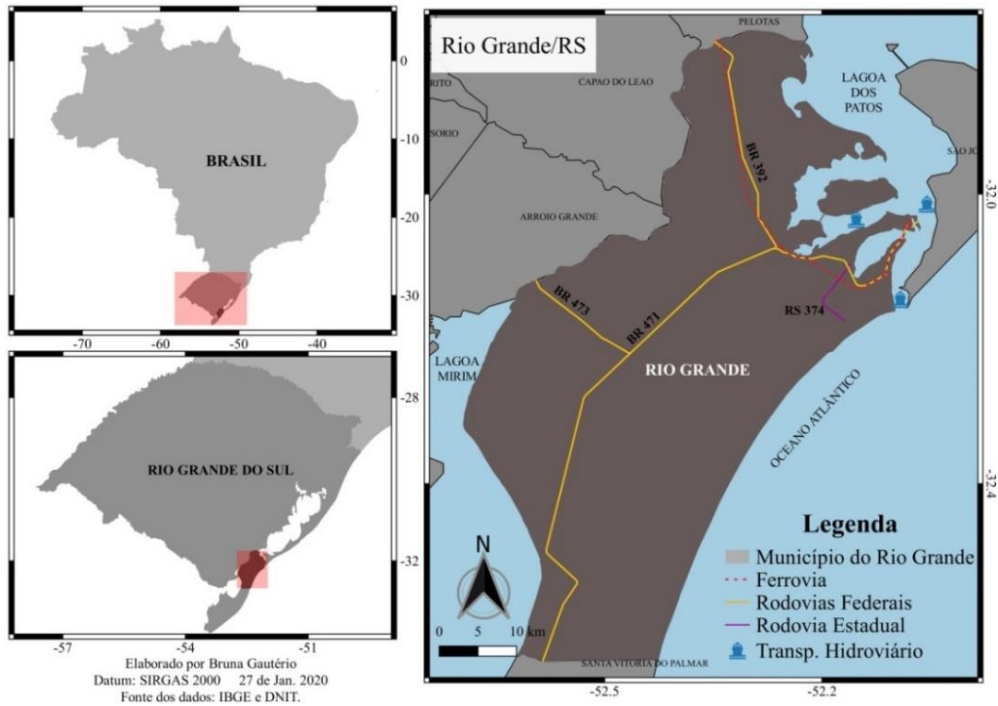
Rio Grande possui como limítrofe ao norte (31°47'02''S) o município de Pelotas e a Lagoa dos Patos, ao sul (32°39'45''S) o município de Santa Vitória do Palmar, a leste (52°03'50''O) o Oceano Atlântico e a oeste (52°41'50''O) os municípios de Capão do Leão e Arroio Grande e também com a Lagoa Mirim. As vias de acesso ao município incluem as terrestres (BR 392, BR 471 e ferrovia da América Latina Logística S/A) e marítima através da navegação de embarcações na Lagoa dos Patos (Figura 1).

A Lei Municipal 6.586 de 20 de agosto de 2008 dividiu o município em cinco distritos<sup>2</sup>, conforme mostra a Figura 3, sendo eles: 1º distrito – denominado de Rio Grande, sua sede é na cidade do Rio Grande e possui uma área de 336,969 km<sup>2</sup>. Ele abrange o Balneário Cassino, o Distrito Industrial, a povoação da 4ª seção da Barra, o Senandes, o Bolaxa e a Ilha do Terraplano (Base); o 2º distrito – denominado de Ilha dos Marinheiros, sua sede é no Porto Rei e possui uma área de 150,001 km<sup>2</sup>. Ele abrange as ilhas do Marinheiro, do Leonídio, das Pombas, da Pólvora, dos Cavalos, da Constância, das Cabras, do Caldeirão e da Cascuda.

---

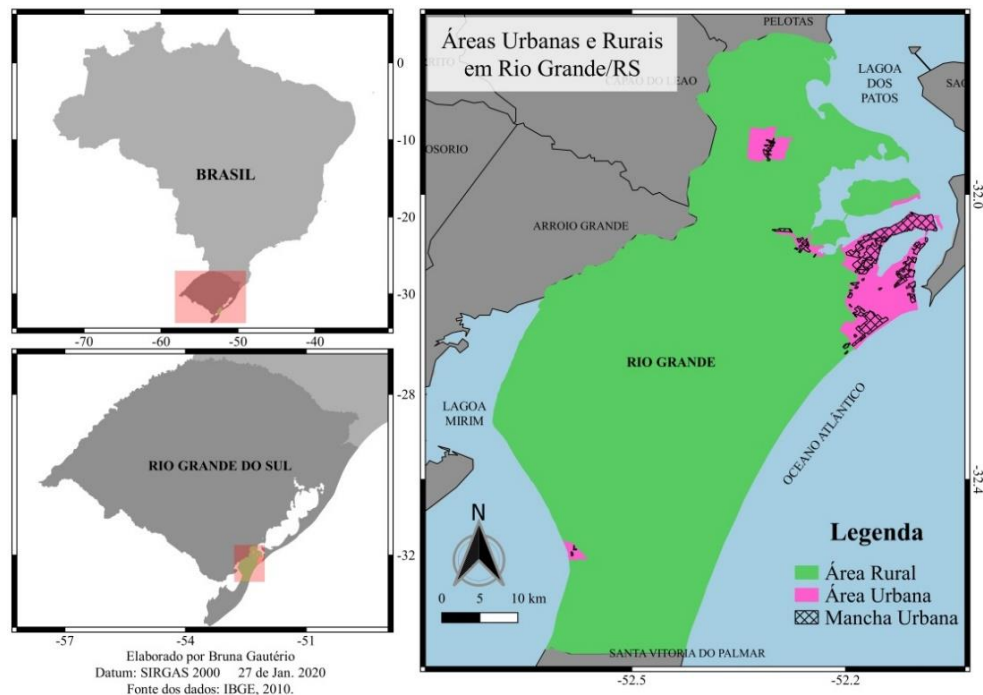
<sup>2</sup> Segundo o Atlas do Censo Demográfico (ATLDC) de 2010 do IBGE, o distrito é uma unidade administrativa municipal.

Figura 1: Localização do município do Rio Grande/RS e vias de acesso.



Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 2: Áreas Urbanas e Rurais do município do Rio Grande/RS.

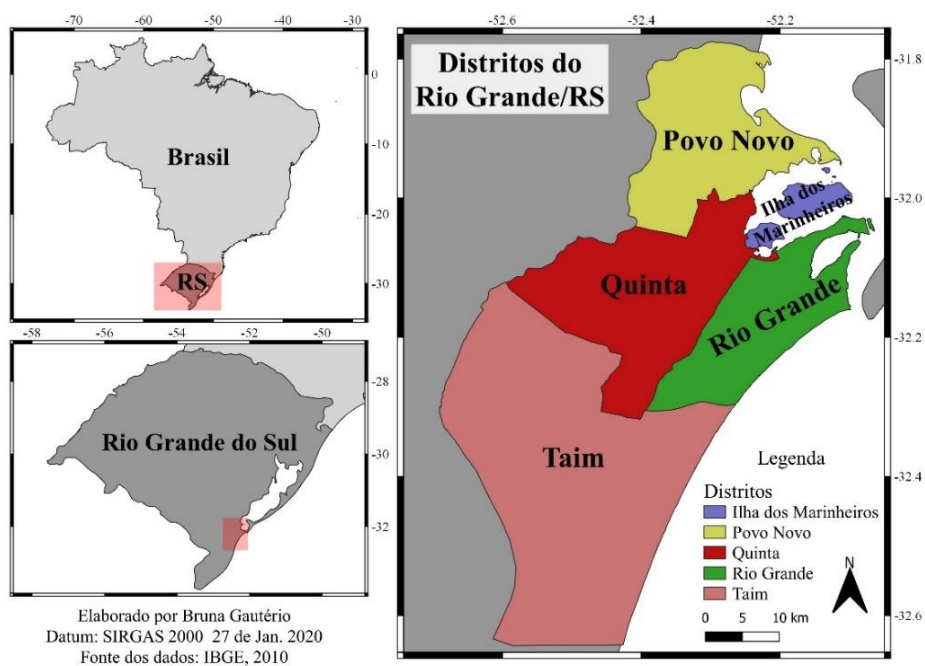


Fonte: própria da autora, 2020.

O 3º distrito é denominado de Povo Novo, sua sede é na Vila do Povo Novo e possui uma área de 562,873 km<sup>2</sup>. Ele abrange as ilhas da Torotama, dos Mosquitos, dos

Carneiros, do Martin Coelho e do Malandro. O 4º distrito é denominado de Taim, sua sede é na Vila do Taim e possui uma área de 1.816,505 km². Ele abrange as ilhas Grande, Pequena e Sangradouro. O 5º e último distrito é denominado de Quinta, sua sede é na Vila da Quinta e possui uma área de 472,008 km². Ele abrange toda a Vila da Quinta.

Figura 3: Divisão distrital do Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2020.

Rio Grande é dividido por lei municipal em 11 Bairros<sup>3</sup>, são eles: Industrial Tamandaré, Imperial Marinheiro Marcílio Dias, Getúlio Vargas, Santa Tereza, Frederico Ernesto Buchholz, América, Miguel de Castro Moreira, Carlos Santos, São José Operário, Santa Rita de Cássia e Agostinho Petrone.

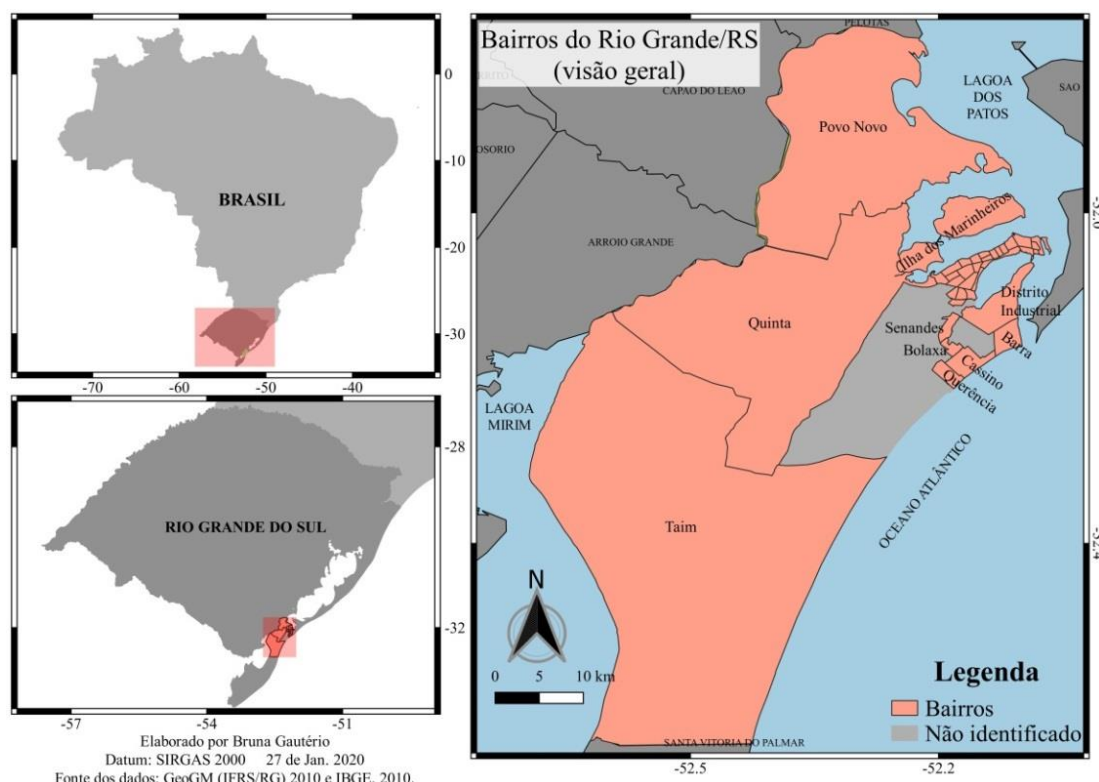
O Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande (IFRS/RG) em conjunto com a equipe de epidemiologia da Secretaria de Saúde do Rio Grande mapearam os bairros do município de acordo com os setores censitários disponibilizados pelo IBGE em 2010. Atualmente, de acordo com essa espacialização, têm-se 38 bairros (ver Figura 4 e Figura 5). Essa divisão de bairros surgiu da necessidade de uma tentativa de padronização dos bairros de acordo com a secretaria e a divisão popular.

<sup>3</sup> Segundo o IBGE (2000, p.15), bairros “são as subdivisões intra-urbanas denominadas bairros, áreas de planejamento etc., legalmente estabelecidas ou oficialmente informadas pelo órgão competente”.

Outras formas de divisões das parcelas dos terrenos dos municípios brasileiros são duas das formas nas quais o IBGE divide, são elas: Unidades Censitárias<sup>4</sup> (UC) e setores censitários<sup>5</sup>(SC). Essas e outras divisões ocorrem para suprir o seu recenseamento geral realizado a cada 10 anos. Nestas divisões é possível obter dados sobre as populações residentes em determinada escala de trabalho - UC ou SC. Para Rio Grande, o IBGE contabilizou em 2010 42 unidades censitárias (Figura 6) e 337 setores censitários (Figura 7).

Neste trabalho serão utilizados os dados socioeconômicos agregados através dos setores censitários, pois se trata da menor parcela territorial que o IBGE disponibiliza os mesmos. A distribuição espacial dos bairros foi realizada de acordo com os 337 setores apresentados no mapeamento anterior.

Figura 4: Visão geral dos bairros do município do Rio Grande/RS.

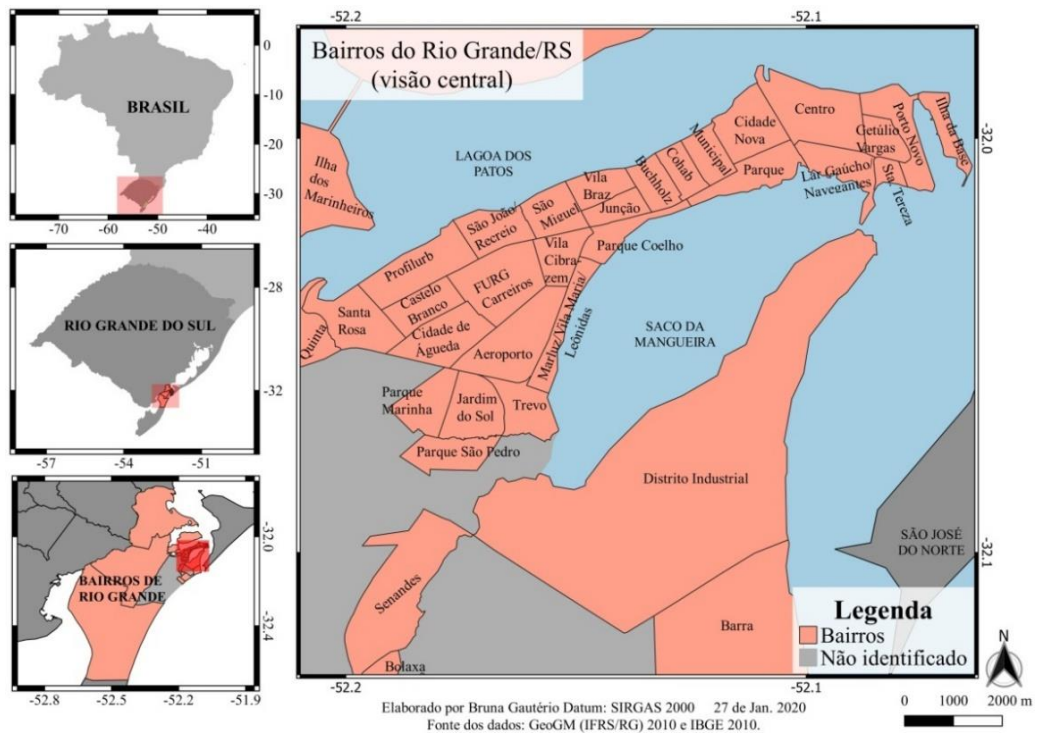


Fonte: própria da autora, 2020.

<sup>4</sup> Uma unidade censitária é estabelecida no decreto de lei nº 2.141 de 15 de abril de 1940 como sendo determinada e definida a partir dos instrumentos de coleta do recenseamento e das normas gerais que constam nesse regulamento.

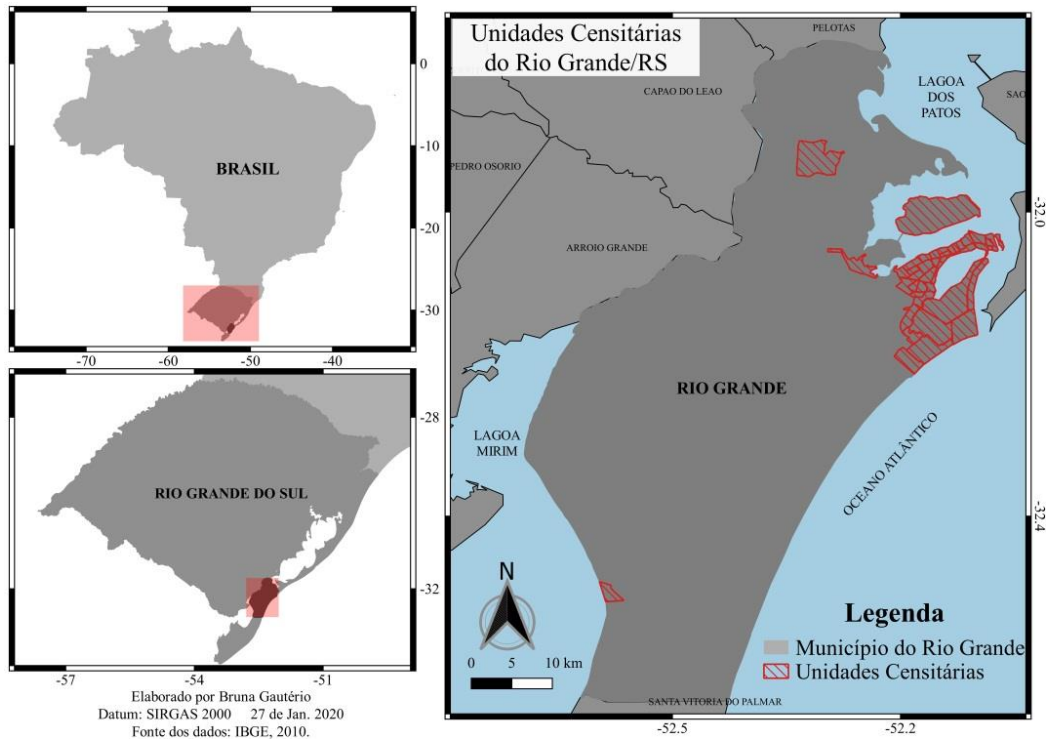
<sup>5</sup> Um setor censitário é uma “unidade de controle cadastral formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, cuja dimensão, número de domicílios e de estabelecimentos permitem ao Recensador cumprir suas atividades em um prazo determinado, respeitando o cronograma de atividades” (IBGE, 2010, p.213).

Figura 5: Visão central dos bairros do município do Rio Grande/RS.



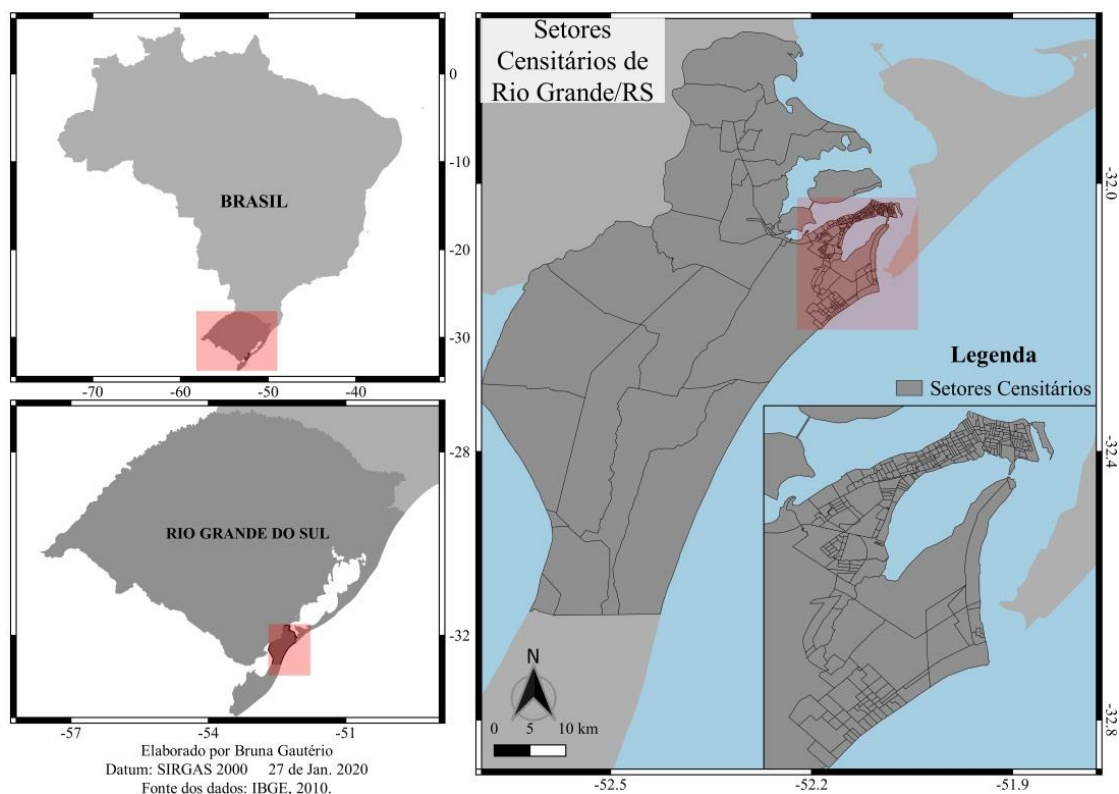
Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 6: Unidades censitárias do Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 7: Setores censitários do Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2020.

Rio Grande possui alguns elementos bem demarcados, como mostra a imagem de satélite, como por exemplo, a mancha urbana assentada majoritariamente sobre o pontal arenoso e sobre o balneário defrontante ao Oceano Atlântico.

### 3.1. Breve Contextualização Histórica

O relato dos últimos cinco milênios é de que uma ocupação de grupos caçadores-coletores-pescadores se fez presente no extremo sul da zona costeira brasileira antecedendo o enfrentamento geopolítico entre Portugal e Espanha. O entrave entre os dois países ocorreu para obter o domínio sobre o estuário da Laguna dos Patos, a qual concedia o único porto marítimo do Rio Grande do Sul (TORRES, 2015).

Em função, primordialmente, de regimes alimentares os habitantes indígenas ocuparam as bordas da Laguna dos Patos. Eles eram de origem Tupi-guarani e Chaná, respectivamente representados pelos grupos dos povos Tapes, Arachanes e Carijós e também pelos grupos de Guenoas, Yarós, Charruas e Minuanos. No litoral não restam muitos indícios da presença desses povos devido a própria natureza geológica do local,



pequenas populações, baixo nível cultural das tribos e entre outros fatores (VIEIRA; RANGEL, 1983).

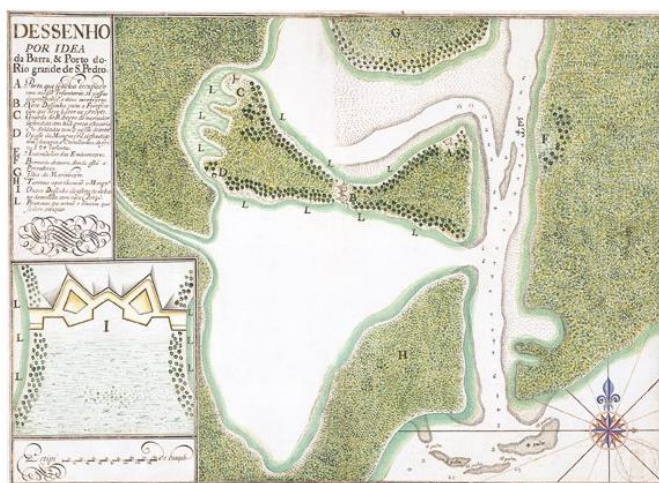
O naufrágio do português Martim Afonso de Souza, em 1531, possibilitou o mesmo a ser o primeiro a adentrar as terras arenosas na qual viriam a formar o município do Rio Grande. Pero Lopes de Souza, irmão de Martim, viajava exploratoriamente pelo Rio da Prata no intuito também de retornar, encontrar os destroços do naufrágio e consequentemente achar seu irmão.

Martim denominou esta passagem pela barra do Rio Grande como ‘Rio de São Pedro’, usada posteriormente no mapeamento realizado por Gaspar Viegas em 1534. Posteriormente, o rio foi renomeado para ‘Rio Grande de São Pedro’, essa nomenclatura foi utilizada para representar o Estado e o município.

Em 19 de fevereiro de 1737 o Brigadeiro José da Silva Paes conjuntamente com sua frota naval portuguesa iniciou o povoamento através de uma Comandância Militar para administrar as terras do Rio Grande do Sul lusitano (Figura 8), ordenado pelo Governador Gomes Freire de Andrade. De acordo com as disputas travadas entre Espanha e Portugal devido à colonização espanhola na América, foi criada a povoação da Vila do Rio Grande de São Pedro (

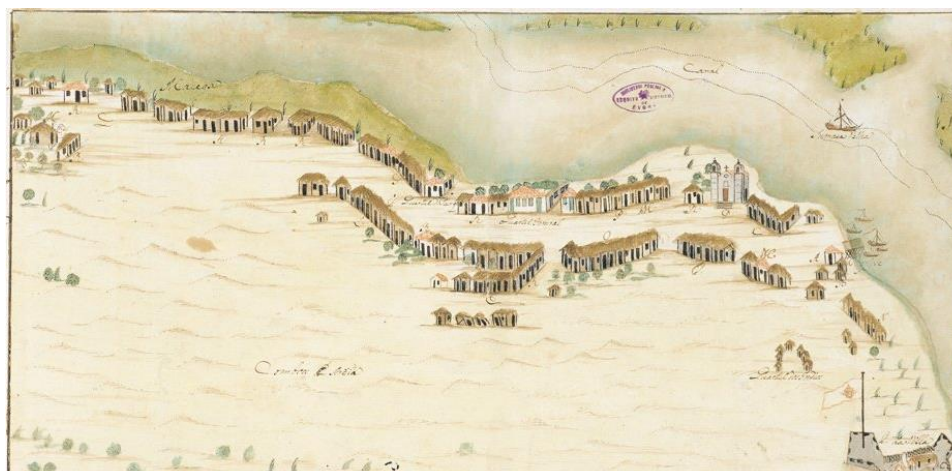
Figura 9) e o presidio municipal como forma estratégica de dominação das terras riograndinas e de seu porto (TORRES, 2015).

Figura 8: Desenho realizado pelo Brigadeiro José da Silva Paes onde mostra o plano de controle da entrada da Lagoa dos Patos, estabelecido por José da Silva Paes em 1737, por ordem do Governador Gomes Freire de Andrade.



Fonte: Paulina, 2020.

Figura 9: Representação da Vila do Rio Grande de São Pedro.



Fonte: Paulina, 2020.

A Colônia do Sacramento, localizada na margem esquerda do Rio da Prata, foi alvo de fortificação militar e colonizatória através da tensa relação entre Portugal e Espanha. O domínio dessa localidade significava o poderio da produção que era escoada e da entrada e saída de navios por águas Atlânticas.

Segundo Torres (2015), o povoamento em Rio Grande por parte de Silva Paes surgiu da necessidade de conter o controle espanhol que emergia em terras uruguaias. Através disso foram criadas fortificações na Barra do Rio Grande, dentre elas o Forte Jesus-Maria-José e a Fortificação de Nossa Senhora de Santana do Estreito (Figura 10) nas quais almejaram estabelecer um espaço para apoio militar para Sacramento, receber refugiados da armada espanhola e proteger a povoação de ataques marítimos e terrestres.

Figura 10: Mapa de localização dos marcos dos fortes (à esquerda) e imagens dos marcos (à direita).



Fonte: Pires, 2019.



Através do conhecimento da existência de Sacramento tropeiros partiram em busca de gado para consumo mineiro e essa era uma rede de fortificação lusitana para expandir suas forças ao redor da armada espanhola. No dia 1º de abril de 1776, os portugueses reocuparam a Vila do Rio Grande depois de 13 anos sob controle espanhol. O porto do Rio Grande de São Pedro teve fundamental importância para a economia local, pois servia de chegada para produtos internacionais e também escoava produtos ligados ao gado, como por exemplo, o charque, couro, sebo e crina (TORRES, 2015).

Torres (2015), diz que a densa população na qual veio habitar a Barra do Rio Grande, de 1738 até 1749, foram povos oriundos de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, grande parte do Rio de Janeiro e mais tarde, por volta de 1752, o salto demográfico por parte dos açorianos. As populações se estabeleceram ao entorno das fortificações criadas no núcleo urbano e na zona de campo. Em alguns momentos da história boa parte dessas pessoas ficaram sob cerco e controle das forças espanholas.

A distribuição de terras foi remetida primeiramente as Comandâncias Militares, aos casais vindos da Colônia de Sacramento, aos imigrantes do Rio de Janeiro e São Paulo e alguns oficiais de Silva Paes. A caracterização socioeconômica da época era traçada pelo avanço da pecuária dando destaque aos estancieiros. Anos posteriores marcaram um comércio burguês advindo da zona urbana (VIEIRA; RANGEL, 1983).

Segundo Vieira e Rangel (1983, p.129), “o crescimento econômico experimentou fases de ação mais dinâmica, intercaladas com outras de retração e forte conservadorismo”. O autor dividiu o ritmo econômico do município em quatro períodos principais, são eles: I - o período agropastoril, através do processo colonizador; II – período do comércio atacadista de importação/exportação, relacionado às atividades econômicas urbanas; III – período da industrialização marcou o início de atividades industriais em conjunto com o povoamento marginalizado da antiga Vila dos Cedros, atual Bairro Getúlio Vargas; e IV – período do superporto e distrito industrial, caracterizado por um grande terminal marítimo (Figura 11) e corredor de exportação da produção do Estado do RS.

Figura 11: Terminal marítimo do Porto do Rio Grande.



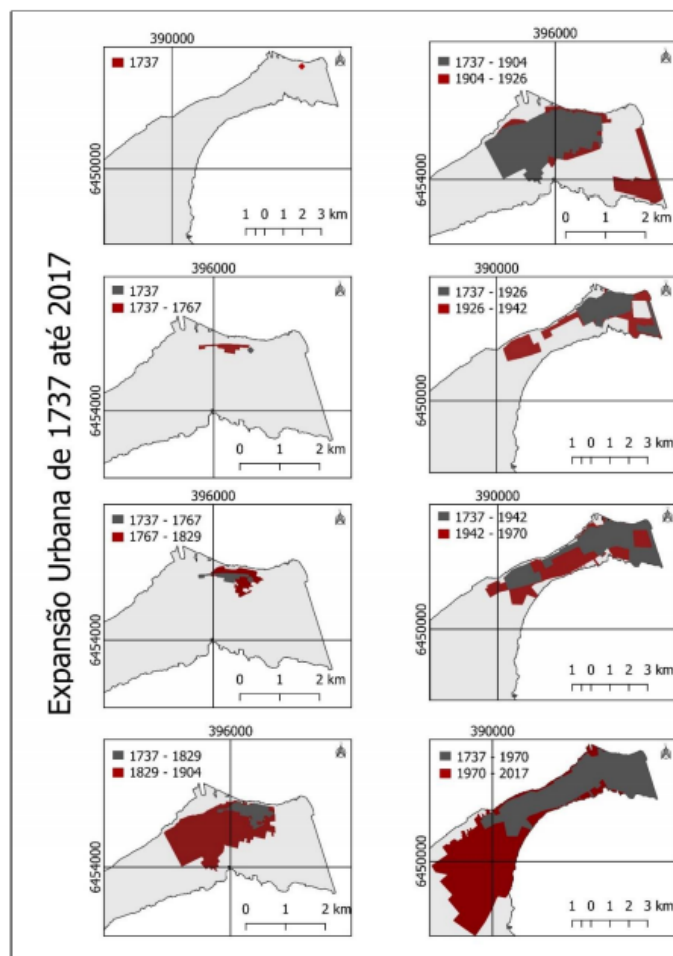
Fonte: Superintendência do Porto de Rio Grande – SUPRG, 2018.

Os processos econômicos estão interligados aos fatores de estabelecimento da população em Rio Grande, essa questão foi apontada por Martins (2016, p.15):

“A cada tempo histórico corresponde uma nova ocupação, com seus requisitos técnicos e suas peculiaridades formais. Pode-se dizer que, na cidade do Rio Grande, os diferentes ciclos produtivos constituem-se por justaposições urbanas, ou seja, vão sendo realizados a partir de acréscimos e incorporações de áreas com novas funções, o que permite, ainda hoje, uma leitura dos tempos históricos em seu espaço atual” (MARTINS, 2016, p.15).

O primeiro núcleo urbano formado pelos portugueses a partir da criação dos fortes, do presídio, da Vila do Rio Grande e, posteriormente, da Igreja Matriz de São Pedro caracterizou o traçado urbano inicial. A expansão urbana se deu de forma lenta e gradual devido às condições fisiográficas que dificultavam o avanço da ocupação de moradias (MARTINS, 2016), conforme mostram os mapeamentos da Figura 12 realizados por Pires (2019).

Figura 12: Expansão urbana do Rio Grande durante 280 anos.



Fonte: Pires, 2019.

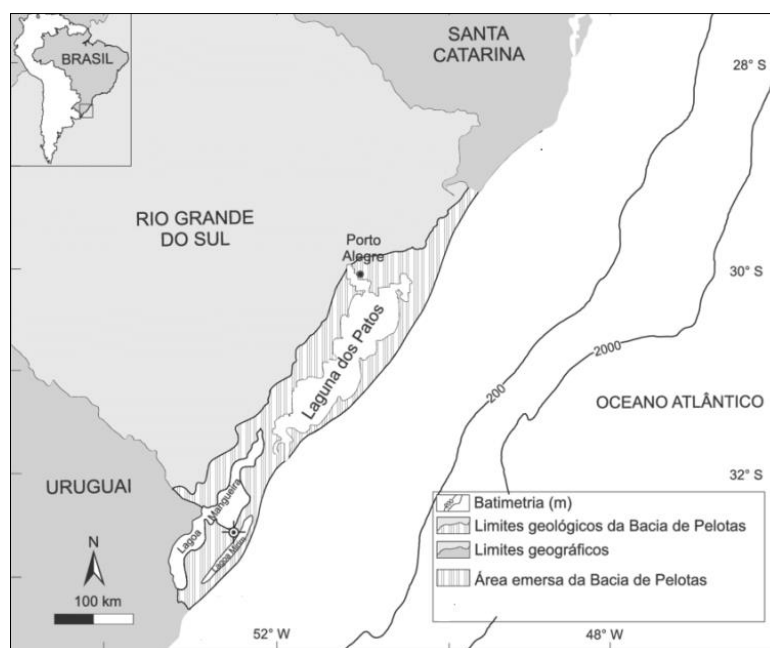
Segundo Torres (2015), houve um expressivo crescimento em direção oeste adensando o centro histórico e ao atual bairro Cidade Nova. E posteriormente, houve um adensamento ao entorno dos estabelecimentos de industriais, as quais os trabalhadores residiam próximo ao seu local de serviço. Os ciclos econômicos do município propiciaram diferentes cenários de urbanização e infraestrutura, principalmente na primeira década do século XXI com a inserção do polo naval. Esse ciclo econômico despertou além da competitividade econômica a reconstrução das infraestruturas territoriais e urbanas (MARTINS, 2016).

### 3.2. Breve Contextualização dos Aspectos Físicos

A geologia do Rio Grande é composta pelas feições do Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares na qual representa a Província Costeira do Rio Grande do Sul (RADAMBRASIL, 1986). Segundo Villwock e Tomazelli (1995), dois grandes compartimentos fazem parte da Província Costeira, são eles: o Embasamento Cristalino e a Bacia Sedimentar de Pelotas (Figura 13).

A Bacia Sedimentar de Pelotas foi caracterizada há muito tempo por ser uma ampla bacia marginal aberta, na qual possui um preenchimento de sedimentos terciários e quaternários com origem clástica e terrígena conforme comentam Dumith; Telles; Lucas (2008).

Figura 13: Limites da Bacia Sedimentar de Pelotas.



Fonte: Silva *et al.*, 2011, adaptado.

A Bacia de Pelotas compreende uma porção emersa do domínio geomorfológico do Rio Grande, a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, a qual está situado o município e grandes sistemas de lagoas e lagunas. Também compreende uma porção imersa denominada de Plataforma Continental que se estende 200 metros da cota batimétrica (VIEIRA; RANGEL, 1988).

Os picos de transgressão e regressão do nível do mar resultaram na formação de sistemas deposicionais do tipo leques aluviais e laguna-barreira (ver O IV sistema se desenvolveu na última transgressão pós-glacial, na época holocênica, formando cordões regressivos através da regressão marinha. Esse sistema é o mais recente sob a Planície Costeira do Rio Grande do Sul e foi originado pelo pico de transgressão do holoceno que alterou o nível do mar em, aproximadamente, 5 m acima do nível atual.

Durante o período de regressão, essa barreira progradou e se desenvolveu através de cordões litorâneos regressivos, como mostra a Figura 15 (VILLWOCK; TOMAZELLI,

1995). Ela representa, entre os pontos A e B, os processos de progradação dos cordões litorâneos desenvolvidos no sentido 1 ao 5.

Figura 14) através da evolução e união dos mesmos para o sentido leste. O sistema de leques aluviais comporta as fácies sedimentares acumuladas pelas erosões oriundas das Terras Altas.

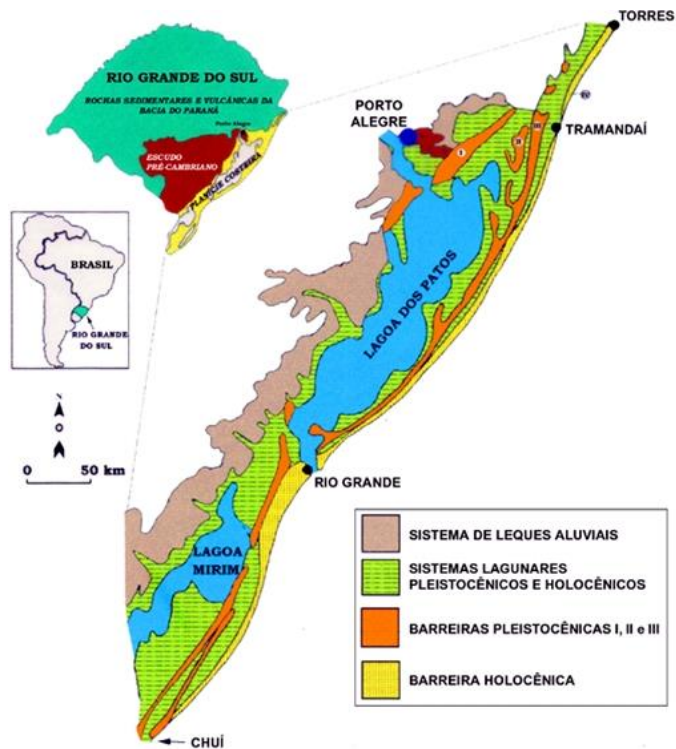
O sistema laguna-barreira compreende a interligação de 3 subsistemas, são eles o subsistema lagunar que agrupa o complexo conjunto de ambientes deposicionais que se localizam na retrobarreira; o subsistema de barreira que faz referência as praias arenosas e aos campos de dunas; e o subsistema de *inlet* que compreende um canal de ligação do subsistema lagunar com o oceano (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

Villwock e Tomazelli (1995) explicam como os IV sistemas de barreiras litorâneas (Figura 15) marcadas pelas variações do nível do mar se estabeleceram espacial e temporalmente formando a Planície Costeira: I Sistema - corresponde ao primeiro evento transgressivo-regressivo do pleistocênico, é denominada de Barreira das Lombas e possui um sistema lagunar de terras baixas; II Sistema - se originou no 2º evento transgressivo-regressivo isolando a Lagoa Mirim; III Sistema – ocorreu há mais de 125 mil anos, isolando a Laguna dos Patos (ou Lagoa então chamada), seus depósitos estenderam-se por quase toda a Planície Costeira, exceto no Taim e na barra do Rio Grande.

O IV sistema se desenvolveu na última transgressão pós-glacial, na época holocênica, formando cordões regressivos através da regressão marinha. Esse sistema é o mais recente sob a Planície Costeira do Rio Grande do Sul e foi originado pelo pico de transgressão do holoceno que alterou o nível do mar em, aproximadamente, 5 m acima do nível atual.

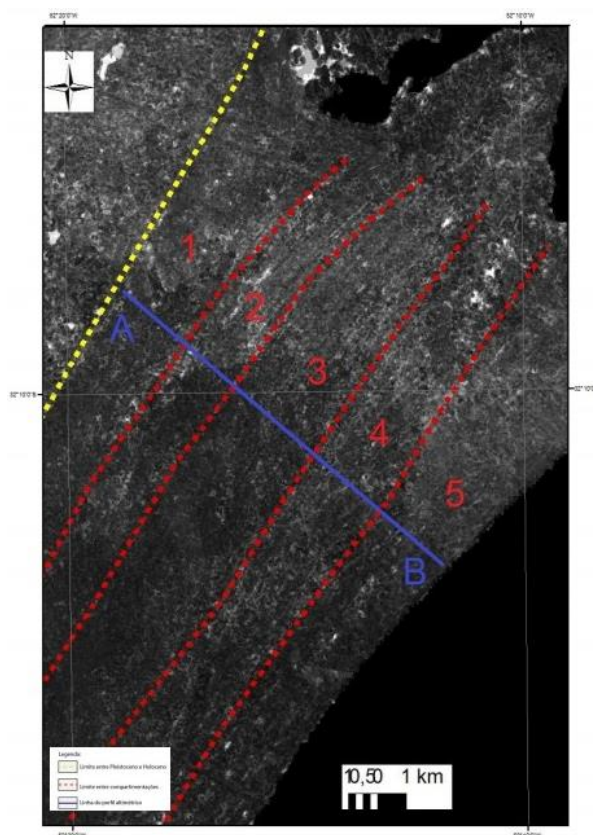
Durante o período de regressão, essa barreira progradou e se desenvolveu através de cordões litorâneos regressivos, como mostra a Figura 15 (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). Ela representa, entre os pontos A e B, os processos de progradação dos cordões litorâneos desenvolvidos no sentido 1 ao 5.

Figura 14: Sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Fonte: Tomazelli e Villwock, 2002, adaptado.

Figura 15: Divisão do Pleistoceno e do Holoceno através das cinco séries representadas pelos cordões litorâneos regressivos.



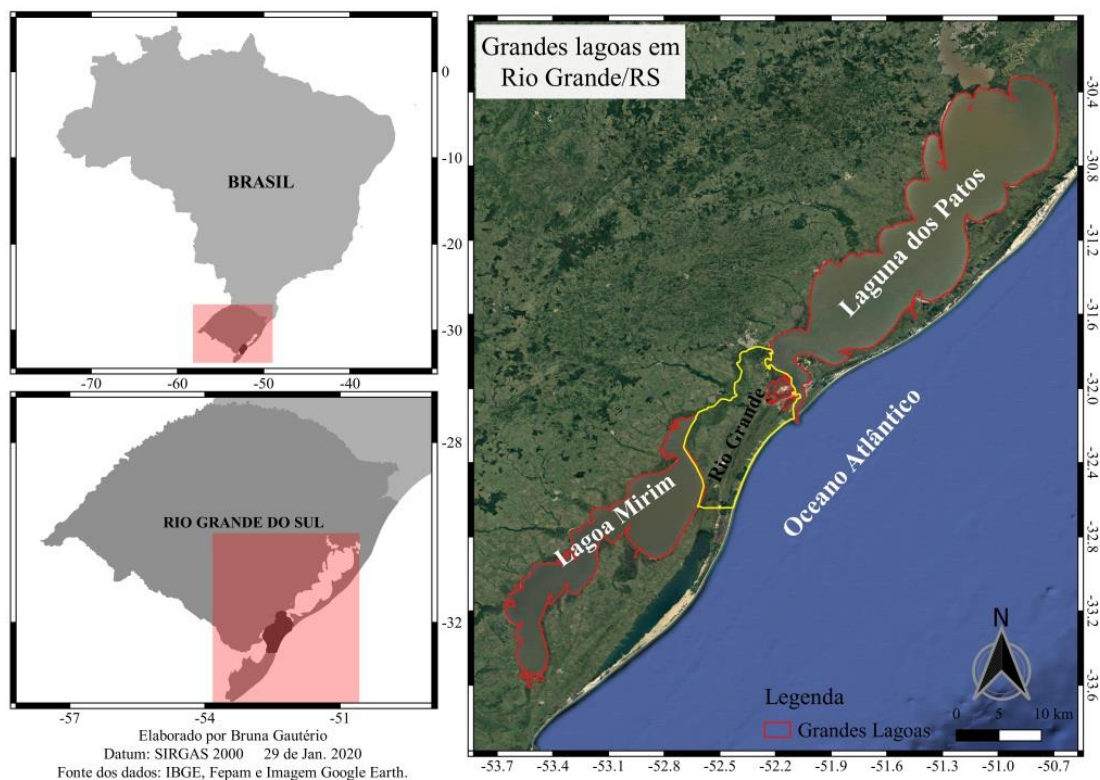
Fonte: Ferreira e Barboza, 2013.

Dentre os ambientes aquáticos do Rio Grande do Sul, como os banhados, grandes e pequenos lagos, laguna e pequenos rios e arroios, Rio Grande abriga parte desses relevantes sistemas naturais. É banhado por duas das três maiores lagoas do Brasil, são elas: Laguna dos Patos, denominada de Lagoa (9.280 km<sup>2</sup> de área) e Lagoa Mirim (3.520 km<sup>2</sup> de área) (ver Figura 16).

O município também é banhado por um sistema marinho, o Oceano Atlântico, o qual é o segundo maior oceano em extensão. Conectam-se a ele as águas e sedimentações oriundas da Laguna dos Patos através de seu estuário (

Figura 17).

Figura 16: Lagoa Mirim e Laguna dos Patos.



Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 17: Deságue da Laguna dos Patos no Oceano Atlântico.





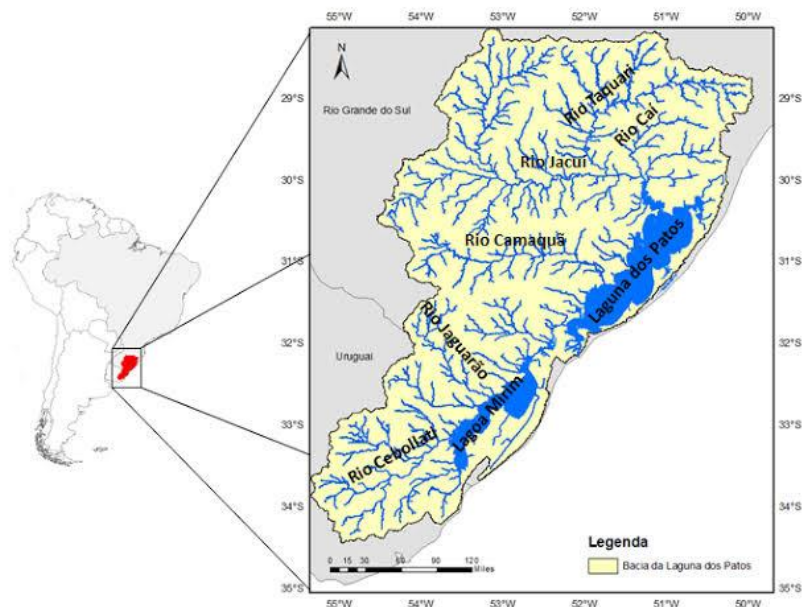
Fonte: *National Aeronautics and Space Administration* - NASA, 2004.

As águas que cortam Rio Grande e outros demais corpos d'água da porção sul do Estado são drenadas pela Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo do sistema Patos-Mirim (

Figura 18). Através disso, todas as águas provenientes de rios e arroios são direcionadas para a Laguna dos Patos na qual se encarrega de realizar uma drenagem exorréica – do continente para o oceano – como foi mostrado na

Figura 17.

Figura 18: Drenagem do sistema Patos-Mirim.





Fonte: Hidrologia de Grande Escala - HGE, 2016.

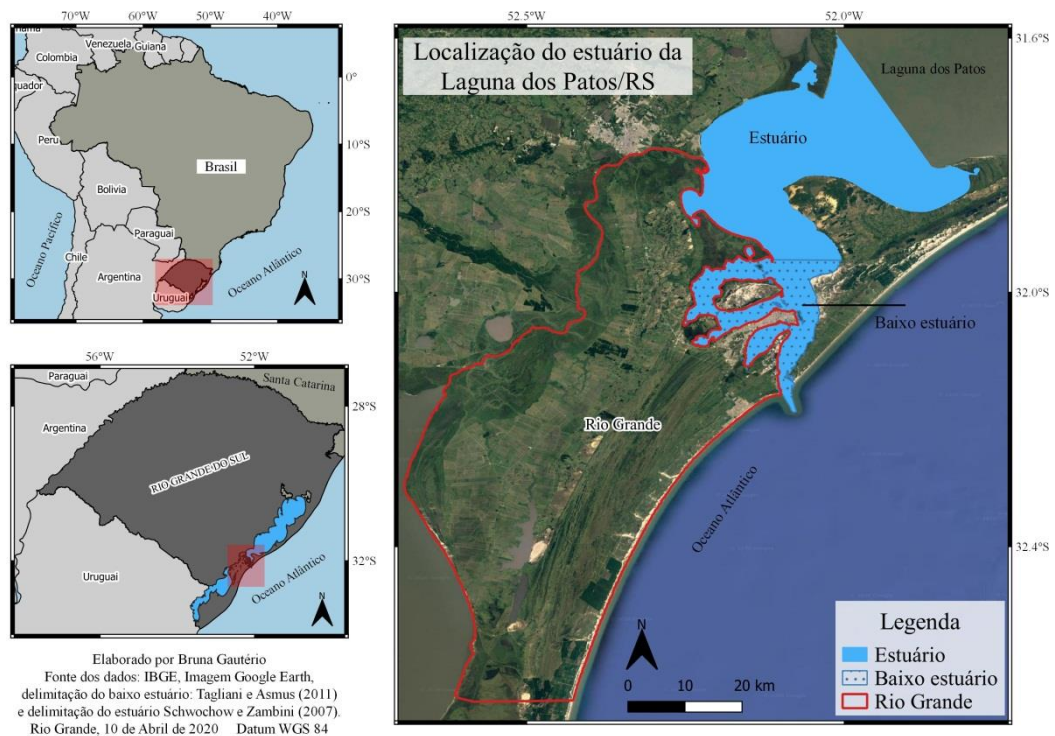
A Lagoa Mirim “é um dos maiores corpos de água doce naturais do Brasil, e forma um conjunto complexo de ambientes alagadiços” (PALMA-SILVA *et al*, 2012, p.36). As margens dela está localizada a Estação Ecológica do Taim, local de grande importância ambiental e com banhados adjacentes considerados como áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade.

A Laguna dos Patos é a segunda maior da América Latina, possui 265 km de comprimento e 10.277 km<sup>2</sup> de superfície. O grande corpo d’água é comumente chamado de lagoa, porém por possuir conexão com o oceano Atlântico através de um ambiente estuarino recebe a denominação de lagoa.

O estuário da Laguna dos Patos se encontra no centro-sul da Planície Costeira e os municípios do Rio Grande e São José do Norte margeiam o complexo lagunar, conforme mostra a

Figura 19 (TAGLIANI; ASMUS, 2011). Com uma área de 10.360 km<sup>2</sup> (250 km de comprimento e 60 km de largura), o estuário se estende no sentido Norte-Nordeste a Sul-Sudoeste (NNE-SSO) de Itapuã (início do Lago Guaíba) até a Barra do Rio Grande.

Figura 19: Localização do estuário da Laguna dos Patos.



Fonte: própria da autora, 2020.

Os sedimentos oriundos do continente alimentam o sistema lagunar através de uma vasta rede de drenagem, com isso, materiais orgânicos e inorgânicos que adentram a laguna são dispersos em alto mar, misturando-se com águas marinhas (VIEIRA; RANGEL, 1983). Segundo os autores Seeliger, Odebrecht e Castello (1998), o alto nível de precipitação pluviométrica é o responsável por transportar os sedimentos como argilas e siltes de diversas áreas fontes.

O corpo de água semifechado é caracterizado pela mistura das águas doces da laguna e pelos avanços da água salgadas oriundas das marés. É uma feição dotada de enseadas rasas, ilhas e com vegetação de marismas ao seu largo. As marismas se mostram presentes em 93% do estuário e destacam-se no quesito de importância para a preservação da fauna local, sua reprodução e crescimento de novas espécies (PALMA-SILVA *et al*, 2012).

O Canal São Gonçalo (Figura 20) é considerado um manancial para o município do Rio Grande, pois interliga a Laguna dos Patos com a Lagoa Mirim. Ele possui cerca de 28 km de extensão e conta com a construção de um canal de captação de água para a estação de tratamento do Rio Grande (PALMA-SILVA *et al*, 2012), sendo o responsável por abastecer todo o município. Pequenos rios, lagos, arroios e banhados (Figura 20) também fazem parte do município e possuem sua importância para o ecossistema local como sistemas naturais.

A lei municipal nº 6.084 de 22 de abril de 2005 criou a Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Verde, a qual “abrange o sistema formado pela Lagoa Verde, Arroio Bolaxa, Arroio Senandes e o canal meandrante, que liga a Lagoa Verde com o Saco da Mangueira” (BRASIL, 2005), (ver Figura 21). A criação dessa Unidade de Conservação<sup>6</sup> objetiva, principalmente, a preservação dos recursos hídricos, o

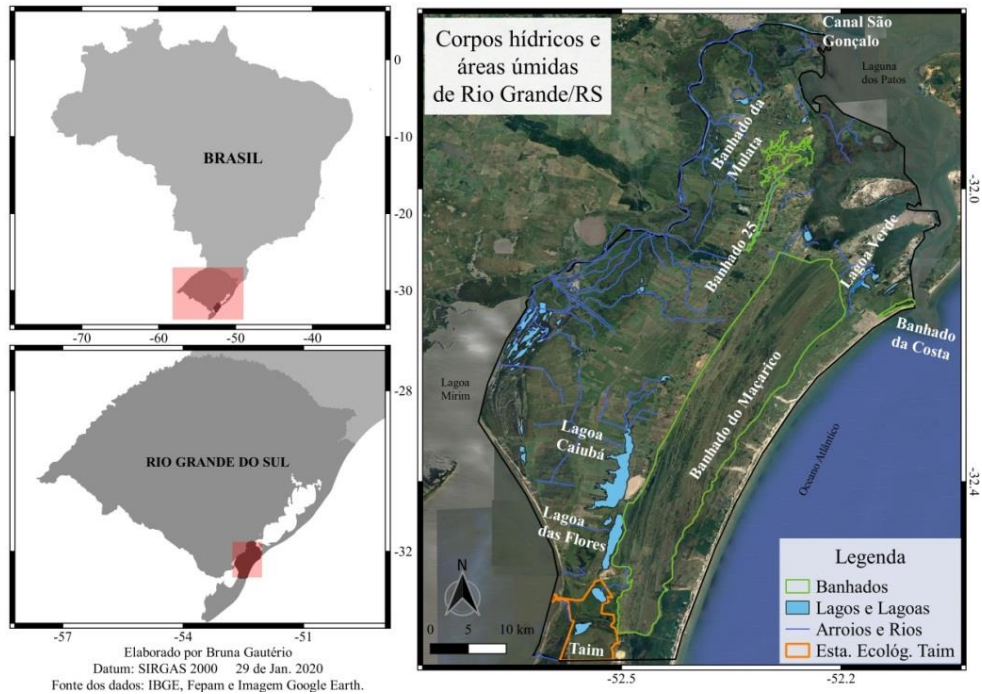
---

<sup>6</sup> Segundo a lei 9.985 de 18 de julho de 2000, unidade de conservação (UC<sup>2</sup>) é considerada como:

“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil, 2000, p.1).

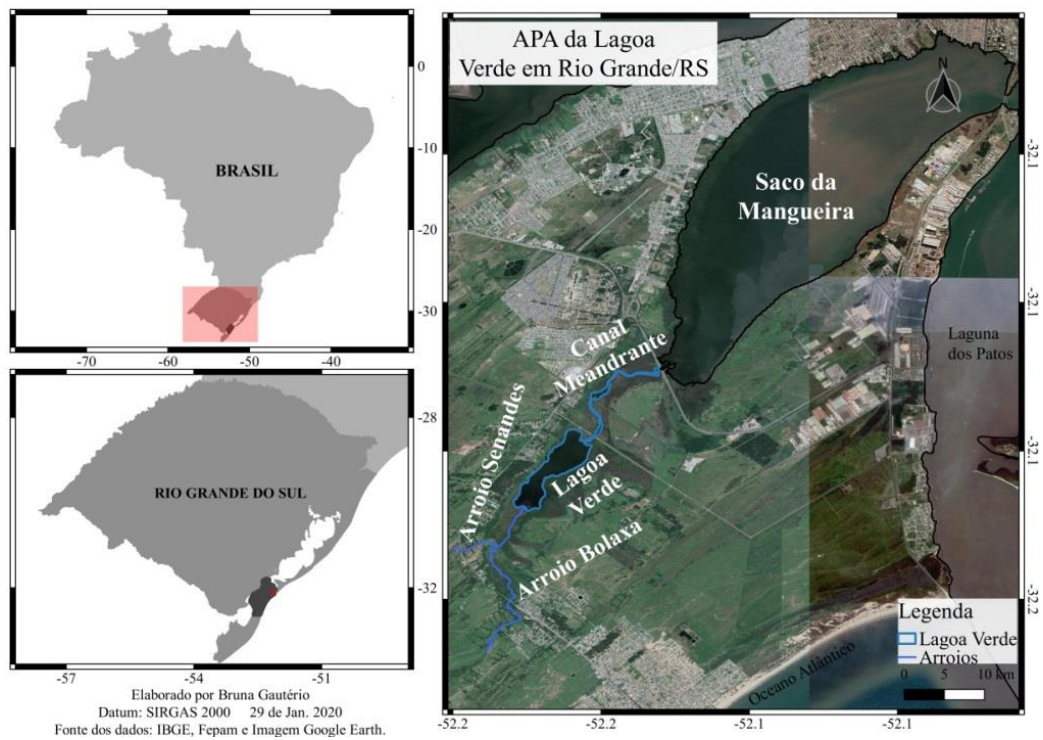
desenvolvimento sustentável e o estabelecimento de ocupações humanas de forma controlada.

Figura 20: Disposição dos corpos hídricos e áreas úmidas de Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 21: APA da Lagoa Verde.



Fonte: própria da autora, 2020.

As áreas úmidas também denominadas de banhados compõem a paisagem de beleza cênica do município do Rio Grande. Os banhados tratam-se de ambientes intermediários entre os ambientes terrestres e os ambientes aquáticos profundos. Abrigam diversas espécies e são responsáveis por recarregar, armazenar e purificar as águas encontradas no subsolo (PALMA-SILVA *et al*, 2012).

Segundo Palma-Silva *et al* (2012, p.38), “os arroios arenosos, típicos da planície costeira normalmente têm sua nascente em regiões de banhado e se conectam a lagoas e banhados. São comuns também arroios que desembocam diretamente na praia”. Os arroios mais conhecidos de Rio Grande são: Arroios Senandes, Vieira, Bolaxa e das Cabeças. Além de todas essas feições hídricas que podem a hidrografia do município, os sistemas marinhos e costeiros se fazem presente em Rio Grande e apresentam importantes e diferenciados ambientes.

A extensa faixa de praia arenosa e o campo de dunas do Balneário Cassino, localiza-se defrontante ao Oceano Atlântico e abriga uma elevada biodiversidade. A costa do sul do RS possui alta energia de ondas, com baixa declividade e intensa atuação de ventos do quadrante nordeste (NE) (GOULART; CALLIARI, 2011). A Praia do Cassino possui ininterruptos 200 km de faixa de areia e é visitado por milhares de pessoas em época de veraneio.

Ela possui atração turística por comportar um tráfego de milhares de veículos automotores em sua orla, possuir a presença do navio Altair encalhado desde 1976 e pelo passeio de vagonetas ao longo de 1 km pelos Molhes da Barra – construção hidráulica realizada em 1911 para proteger o canal do Rio Grande contra a formação de bancos de areia e garantir o acesso ao Porto do Rio Grande.

A drenagem pluvial do município do Rio Grande, principalmente das áreas urbanizadas onde há maior impermeabilização do solo, ocorre em direção ao Saco da Mangueira ou para o Canal do Rio Grande. A pequena profundidade do lençol freático limita a infiltração da água e as terras planas dificultam o escoamento superficial fazendo com que seja necessário o uso de bombas de drenagem urbana (PIRES, 2019).

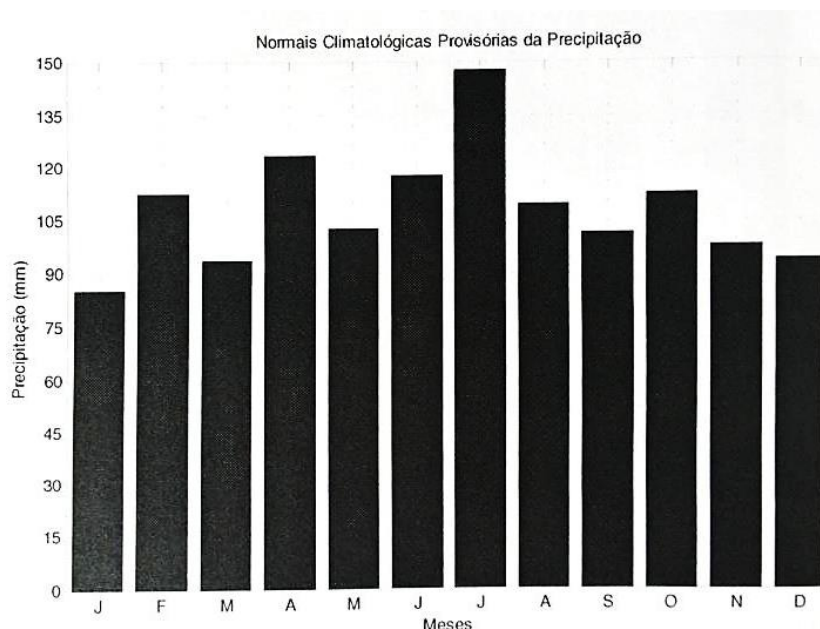
A mancha urbana do município está concentrada sob o pontal arenoso e plano, frente ao mar no Balneário Cassino e com cota altimétrica de 5 metros, sabe-se que “grande parte da infraestrutura urbana usou as condições naturais da hidrografia para organizar o

atual padrão” (PIRES, 2019, p.44). Com isso, as ações antrópicas relacionadas à modificações do curso natural das feições ambientais, as poluições e degradações dos ambientes e as ocupações indevidas podem sofrer avarias quando esses corpos d’águas sofrerem variações com o balanço hidrológico causando situações de cheias ou de secas (PALMA-SILVA *et al*, 2012).

O cenário climatológico do município é subtropical úmido, conforme aponta a classificação de Strahler. As médias mensais de precipitações líquidas tornam-as bem distribuídas sazonalmente, marcando 102 mm, destacando o mês de maior taxas de precipitação sendo o de julho e o de menor taxas o de janeiro, conforme aponta as normais climatológicas provisórias mensais de taxa de precipitação na Figura 22.

Segundo Silva (2019), as médias mensais de precipitação variam de 71,2 mm e 126,7 mm, sendo uma máxima de 551,8 mm e uma mínima de 0,3 mm no período entre 1913 a 2016. De acordo com Krusche, Saraiva e Reboita (2002) a precipitação no município é predominantemente de origem frontal, contabilizando cerca de 16 entradas de frentes por estação do ano, assim como também, os bloqueios atmosféricos e frentes frias propiciam um favorecimento no aumento da precipitação.

Figura 22: Normais climatológicas provisórias mensais de taxa de precipitação no período de 1991 a 2000.



Fonte: Krusche, Saraiva e Reboita, 2002.

Episódios esporádicos de precipitações sólidas em Rio Grande são registrados na forma de deposição de orvalhos durante o período noturno formando a geada, fenômeno

recorrente nos anos de *La Niña* e estudado por Silveira *et al* em 1999 (*apud* KRUSCHE; SARAIVA; REBOITA, 2002) e de quedas de granizo registradas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID).

O município já foi decretado em situação de emergência devido a fortes precipitações de granizo, elevadas precipitações líquidas que causaram enchentes e alagamentos e ventos intensos com quedas de árvores, postes de energia elétrica e destelhamentos. Segundo Brasil (2016), uma situação anormal que causa danos e prejuízos e compromete parcialmente a capacidade de resposta dos atingidos é considerada uma situação de emergência.

As máximas temperaturas estão associadas ao mês de janeiro, destacando 37,7 °C em dezembro de 1999, e mínimas ao mês de julho, destacando -0,5 °C em 1994 no mês de junho. A Alta Pressão do Atlântico Sul caracteriza um regime de ventos na direção Nordeste na maior parte do ano, apenas os meses de maio, junho e julho o vento têm direção Oeste devido a passagem de frentes frias e a penetração do Anticiclone Polar Móvel. A maior intensidade média dos ventos ocorre no mês de janeiro e a menor no mês de abril (KRUSCHE; SARAIVA; REBOITA, 2002).

Eventos extremos e anomalias no padrão das taxas apresentadas podem desencadear riscos ambientais aos sistemas naturais e a população ao entorno. Os ambientes aquáticos abordados são dinâmicos e feições propícias na potencialização ou minimização de episódios severos.

#### **4. Objetivo Geral**

Gerar e analisar a distribuição espacial da vulnerabilidade social do município do Rio Grande/RS frente à ocorrência de granizo.

##### **4.1. Objetivos Específicos**

- Construir um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de dados socioeconômicos;
- Georreferenciar e mapear as ocorrências de granizo do ano de 2015 e
- Gerar e analisar um índice de vulnerabilidade social para Rio Grande – RS.

## 5. Referencial Teórico

### 5.1 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é um tema bastante discutido atualmente, principalmente, nos estudos que envolvem as questões sociais e ambientais. Há uma ampla variedade de conceituações sobre vulnerabilidades quando estudada em diferentes enfoques, pois não há consenso de uma definição que englobe todos os contextos. Porém, o conceito é estruturado em outros conceitos-chaves que norteiam e expressam um índice de vulnerabilidade final.

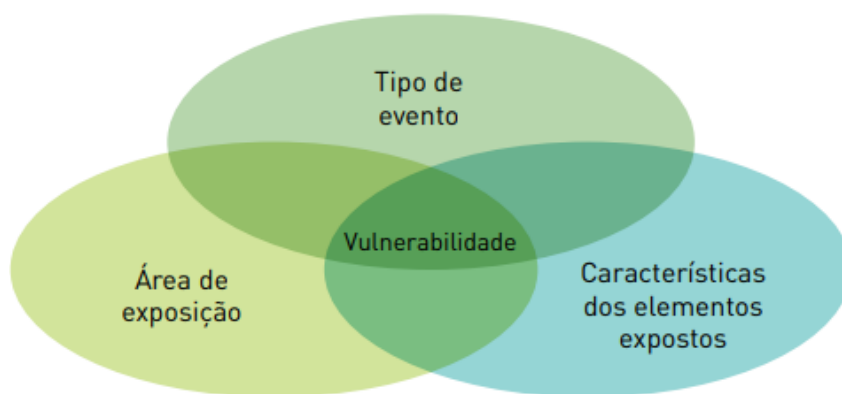
Segundo Lima e Bonetti (2018), o estudo da vulnerabilidade social frente aos episódios de intensificação dos eventos extremos que atingem a região Sul do Brasil é oportuno para entender o grau de vulnerabilidade e o risco da população local. Através disso, diferentes estratégias e planejamentos podem ser traçados para evidenciar as populações que serão mais ou menos afetadas de acordo com a passagem do fenômeno. O *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2012)* destacou o conceito de vulnerabilidade de forma ampla referenciando-o como um episódio potencial a danos oriundos de eventos climáticos no qual está submetido um determinado sistema.

Neste trabalho o conceito de vulnerabilidade é entendido como a suscetibilidade, em que o(s) ser(es) humano(s) se enquadra(m), frente a um perigo ou dano envolvendo uma série de fatores que podem aumentar ou diminuir os riscos expostos àquele(s) ser(es) humano(s) (Esteves, 2011). Entende-se por suscetibilidade o grau de ocorrência de um processo em determinado local não considerando os danos que serão causados e nem a probabilidade de ocorrência (CEPED, 2016).

A vulnerabilidade não é cerrada na proximidade da fonte potencial de desastre e/ou da exposição do grupo ou indivíduo vulnerável, e sim abrange as características ambientais de um sistema natural ser afetado por alguma ameaça e por outra social, na qual descreve como socioeconomicamente encontram-se aqueles agentes (Figura 23) (LIMA; BONETTI, 2018).

Figura 23: Vulnerabilidade e seus fatores.





Fonte: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED, 2016.

Segundo Esteves (2011), em muitos contextos a vulnerabilidade é explicada através de três fatores ou componentes, são eles: exposição ao risco, capacidade de reação e grau de adaptação diante à materialização do risco, sendo os dois últimos compreendidos como capacidade de resposta. Eles podem ser entendidos, respectivamente, como a propensão de ser atingido ao risco eminente dependendo da problemática atuante e a capacidade de resposta humana dependente de fatores como os sociais, econômicos, culturais, tecnológicos, ambientais e políticos. Normalmente os grupos mais desfavorecidos economicamente são os mais vulneráveis, visto que carecem de amparo principalmente do Estado.

De acordo com Veyret (2007), existem outras possibilidades de conceituar a vulnerabilidade, como por exemplo, através da caracterização dos danos máximos devido à diversificação do uso do solo e dos tipos de construções sob o mesmo. No caso da ocorrência dos eventos de granizo, a casa coberta com telhas do tipo fibrocimento não apresenta o mesmo grau de vulnerabilidade de uma casa coberta com laje.

A telha de fibrocimento é a mais utilizada no Brasil, pois possui um baixo preço de custo e são encontradas em diferentes modelos, dimensões e espessuras, mas não suportam chuvas de granizo com aproximadamente 50 mm de diâmetro, pois foram ensaiadas com 25,4 mm (METZ; HENN; SANTOS, 2017). As coberturas caracterizadas de laje consistem em uma barreira de concreto que impedem a passagem do granizo pelo mesmo, não sendo possível perfurá-lo como no tipo de telha citado anteriormente, a qual não possui a mesma composição.

Involucrando o contexto deste trabalho, um exemplo simples de compreender a situação citada anteriormente é pensar na exposição ao risco à precipitação de granizo.



Indivíduos que residem próximos aos ambientes naturais estão propensos a serem atingidos pelas gotas sólidas e por outros acontecimentos advindos da passagem de eventos extremos, como por exemplo, as inundações dos corpos hídricos e os alagamentos urbanos.

O setor econômico pode ser atingido se forma negativa quando acontece uma precipitação de granizo. Pessoas que retiram seu sustento da lavoura podem perder toda sua produção dependendo do tamanho e velocidade da precipitação do granizo. Os bens materiais podem ser atingidos e danificados, como por exemplo, os veículos automotores e a própria queda de árvores devido aos ventos fortes associados. Demais bens materiais de residências podem sofrer danos a partir do momento que a cobertura da residência não é a mais resistente para suportar o acontecimento. Com isso, móveis, eletroeletrônicos, utensílios e entre outros são atingidos não somente pelo granizo, mas também pela precipitação líquida associada.

Alguns centros comerciais são encarregados da venda de materiais de restauro dos danos deixados pela passagem de um evento de grande magnitude. O Estado através do órgão de Defesa Civil adquire, das lojas de materiais de construção, lonas e telhas para reparar os estragos causados pelo granizo. Porém, os preços desses materiais também podem sofrer alterações quando a procura se torna grande, dificultando o acesso de quem não possui condições de adquiri-lo. Serviços como os de ‘martelinho de ouro’ também trabalham no restauro de veículos amassados pelos granizos, assim como também empresas de vidraçarias trabalham no restauro de estilhaços e quebras/arranques de janelas causados pelo fenômeno.

Estes centros comerciais utilizam-se do dano causado aos indivíduos para gerar lucro em cima dessa situação. Com isso, a parte mais vulnerável socialmente e economicamente por vezes perde boa parte de seus bens, sua residência e seu sustento familiar e são orientadas a realizar pedidos de auxílios ao órgão competente. Muitas famílias são realocadas para grandes espaços comunitários e são beneficiadas com materiais de reparo (Figura 24) até que o local esteja em condições habitáveis tanto por parte da resiliência ambiental quanto por parte da construção humana. Por vezes, um grande número de residências e habitantes é atingido obrigando o município a decretar situação de emergência ou calamidade pública.

Figura 24: Residências identificadas com coberturas de lona plástica na Vila Dom Bosquinho.



Fonte: Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil – COMPDEC/RG, 2015.

As escalas de análise de identificação da vulnerabilidade podem ser observadas tanto de forma individual como coletiva. Alguns aspectos além dos sociais, econômicos e geográficos interferem no grau de vulnerabilidade individual, como por exemplo, a empiria, as percepções e sensibilidades de cada ser. Assim como também, de forma coletiva, a escala temporal é um fator importante para conhecer o período de tempo em que os episódios de eventos ocorrem (MOTA, 2017).

Lima e Bonetti (2018) relatam que tendo em conta que um maior conhecimento sobre as variáveis que caracterizam a vulnerabilidade social auxilia no processo de mitigação e prevenção aos danos oriundos dos eventos extremos é necessário utilizar informações socioeconômicas que descrevam a exposição da população. Através disso, essa caracterização pode ser realizada através das variáveis censitárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como, por exemplo, as utilizadas neste trabalho: densidade populacional, renda, pessoas residentes, alfabetizados, acesso à água encanada, acesso ao sistema de tratamento de esgoto, acesso ao abastecimento de energia elétrica e acesso ao serviço de coleta de lixo.

Estas variáveis serão as responsáveis por descrever o perfil do setor censitário mais vulnerável socioeconomicamente a sofrer os danos do risco ambiental relativo à precipitação de granizo. Para uma melhor compreensão e distinção dos conceitos aqui abordados reuniu-se no Quadro 1, de forma clara e objetiva, a definição de cada conceito utilizados até então, exceto o conceito de risco que será abordado no próximo capítulo. É necessário compreender que os mesmos diferem entre si e possuem suas particularidades.

Veyret (2007) retrata que a vulnerabilidade não pode ser resumida a um simples índice científico ou técnico, ela obriga a fatores físicos, ambientais, econômicos, psicológicos, sociais e políticos a atuarem nesse conceito complexo. A integração e compreensão destes diferentes fatores conjuntamente ao índice final podem vir a auxiliar na diminuição dos efeitos danosos proporcionando uma redução do grau de vulnerabilidade.

Quadro 1: Conceitos e definições utilizados.

| <b>Conceito</b>        | <b>Definição</b>   |
|------------------------|--|
| Vulnerabilidade        | A suscetibilidade, em que o(s) ser(es) humano(s) se enquadr(a), frente a um perigo ou dano envolvendo uma série de fatores que podem aumentar ou diminuir os riscos expostos àquele(s) ser(es) humano(s) (ESTEVES, 2011).  |
| Vulnerabilidade Social | “Situação em que os recursos e habilidades de um dado grupo social são insuficientes e inadequados para lidar com as oportunidades oferecidas pela sociedade. Essas oportunidades constituem uma forma de ascender a maiores níveis de bem-estar ou diminuir probabilidades de deterioração das condições de vida de determinados atores sociais” (ABRAMOVAY <i>et al</i> , 2002, p.30). |
| Suscetibilidade        | “A maior ou menor predisposição de ocorrência de um determinado processo em uma área específica, sem considerar os possíveis danos e seu período de recorrência (probabilidade)” (CEPED, 2016, p.30).  |
| Dano                   | “É o resultado das perdas humanas, materiais ou ambientais infligidas às pessoas, comunidades, instituições, instalações e aos ecossistemas, como consequência de um desastre” (CEPED, 2016, p.36).  |
| Perigo                 | “Situação que tem potencial para causar consequências indesejáveis, mas para a qual é possível fazer uma estimativa dos intervalos de tempo de ocorrência (frequência). Na avaliação do perigo, cada ameaça terá que ter sua probabilidade avaliada” (CEPED, 2016, p.32).  |
| Ameaça                 | “Possibilita a ocorrência de eventos adversos com capacidade de causar danos e prejuízos. Na avaliação da ameaça não se inclui   |

|           |  |
|-----------|--|
|           | nenhum tipo de previsão, ou seja, não é avaliada a probabilidade temporal de que esses processos ocorram” (CEPED, 2016, p.31).   |
| Exposição | “Indica quanto uma cidade, comunidade ou sistema, localizado em uma área suscetível a um determinado perigo, estará sujeita a sofrer com um evento adverso, quando este ocorrer” (CEPED, 2016, p.35).  |
| Desastre  | “É o resultado da ocorrência de grandes eventos adversos, sejam eles naturais ou provocados pelo homem, sobre um cenário vulnerável (BRASIL, 2012), acarretando em danos humanos, ambientais e/ou materiais e prejuízos ao patrimônio público e privado de grande monta (muitas mortes ou grande destruição)” (CEPED, 2016, p.26). |

Fonte: própria da autora, 2020.

Neste trabalho, a ameaça advém da formação e passagem de sistemas atmosféricos que desencadeiam tempestades. O perigo retrata a consequência de as populações serem atingidas pelas precipitações sólidas de granizo causando danificações nas estruturas de suas moradias e em seus bens materiais. A exposição aponta quais as áreas mais vulneráveis, àquelas em que em uma conjunção de fatores apresenta uma população mais suscetível. O dano trata-se dos registros de auxílios realizados pelo órgão responsável a todos os indivíduos atingidos e prejudicados de alguma maneira.

## 5.2. Risco

A definição de risco é distinta da vulnerabilidade, como visto no capítulo anterior, pois o risco se apropria de fatores como a própria vulnerabilidade, as ameaças, perigos e danos quantitativos que um evento adverso pode causar (CEPED, 2016). A noção do risco é baseada na intersecção desses elementos e nos danos mensuráveis que um ou mais indivíduos podem sofrer, conforme apreendem e percebem o cenário como perigoso.

O conceito de risco também é amplamente abordado por muitos(as) autores(as) levando em consideração, basicamente, os elementos destacados no parágrafo anterior e de acordo com a ênfase do objeto de estudo. Neste trabalho, a definição de risco será baseada em Veyret (2007) a qual destaca que o risco é a construção social da percepção do perigo, de uma possível catástrofe em relação a um indivíduo ou a um grupo de indivíduos. Esses indivíduos apreendem a percepção do perigo e convivem com ela. Os

riscos são assumidos, recusados, estimados, avaliados e calculados para alguém que o perceba e possa sofrer os efeitos danosos.

A possibilidade de perdas está associada a um acontecimento que pode realizar-se destacando a valoração de algum bem, material ou não. Agregando então, a noção direta de que se é possível perder algo/alguma coisa, há risco e há risco para alguém, neste caso, a sociedade (NICOLODI; PETERMANN, 2010). Através disso, os perigos e ameaças podem ser traduzidos espacialmente através de variáveis que possam expressar a interação complexa das relações entre os indivíduos, do modo de ocupação do território e com o meio em que vivem.

“O risco interroga necessariamente a geografia que se interessa pelas relações sociais e por suas traduções espaciais” (VEYRET, 2007, p.11). A autora destaca a grande complexidade de compreender as interações espaciais entre os riscos de qualquer natureza e outros fatores ou agentes que estruturam o território, como por exemplo, os transportes, a organização administrativa, as práticas econômicas e entre outros. A espacialização do risco possibilita estabelecer a avaliação de um perigo ocorrer em um determinado local.

A probabilidade de ocorrência de um evento adverso, seu tempo de retorno e os possíveis locais em que atuam desencadeando perdas humanas, materiais e econômicas para as populações são fundamentais para diminuir sua ocorrência e a intensidade dos desastres (MARANDOLA JR; HOGAN, 2004).

Os autores também abordam outro fator preponderante que é a capacidade de resposta da sociedade mediante os danos causados, ela pode ser de curto, médio ou longo prazo, sendo o enfoque maior sobre os de médio e longo prazo. Com isso, as práticas voltadas aos planejamentos e estratégias que antecedem a ocorrência dos eventos extremos contêm ações de emergência, de evacuação de áreas e auxílio às pessoas atingidas e entre outros ajustamentos.

Veyret (2007) retrata sobre os seguros, os quais estão ligados aos riscos e são oriundos da viabilidade do cálculo de perdas. A governança política dos riscos é fundada, além da precaução e prevenção, na indenização às pessoas. “Ela é baseada na ideia de que o dano é reparável e pode ser compensado em termos financeiros, isso faz com que, às vezes, o risco se torne aceitável na medida em que pode ser segurado em lugar de empenhar-se em prevenir a crise” (VEYRET, 2007, p.19).

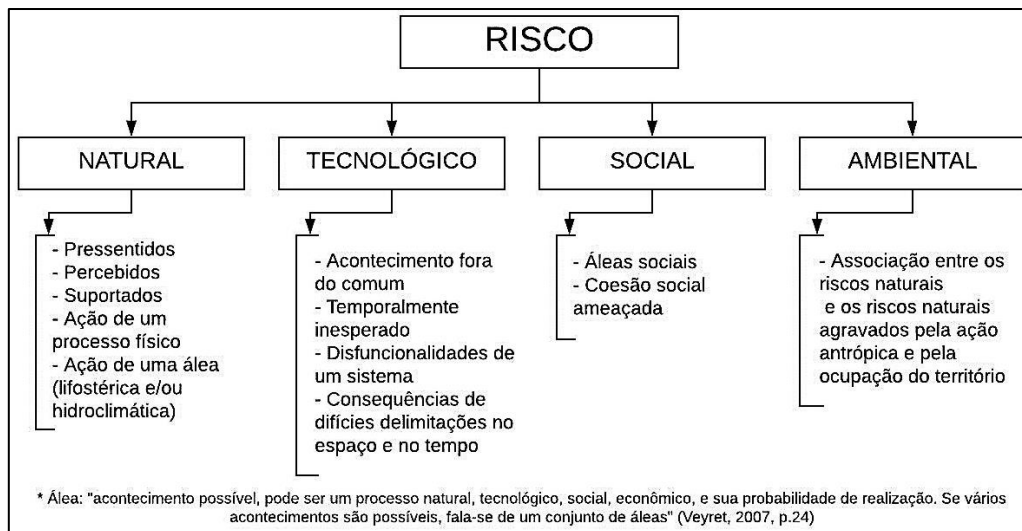
Os três grandes ‘P’s’ que regem o risco, sendo eles a **prevenção**, o **perigo** e a **percepção** são elementos que constituem o coração da análise do conceito, porém alguns fatores são necessários para a conversão de uma determinada situação em risco. Veyret (2007) destaca que esses fatores são centrados na identificação e cálculo dos danos que podem ser controlados devido à articulação entre especialistas e políticos.

Essa obrigação está centrada na realização de estudos especializados imposta pela sociedade civil aos gestores dos riscos e na interação entre a sociedade civil, os atores gestores dos riscos e a natureza e a proporção de suas relações. Este último proporciona utilizar de ferramentas tecnológicas, dados e informações disponíveis para definir e apreender o grau de pertinência de um risco e possíveis danos.

As avaliações e análises de risco requerem a interposição de muitos fatores, como por exemplo, os sociais, políticos, culturais, econômicos e ambientais. Essas variáveis podem constituir um indicador dinâmico que expressa a relação entre os fatores e os demais elementos que compõem a organização territorial e funcionalidade dos municípios.

Diversos autores(as), Marandola Jr e Hogan (2004), De Castro, Peixoto e Rio (2005), Veyret (2007), Nicolodi e Petermann (2010) e Mota (2017), apresentam os quatro principais tipos de riscos, embora existam inúmeros, são eles: os riscos naturais, os tecnológicos, os sociais e os ambientais (Figura 25). A complexidade das situações de riscos não se concentra em uma única categoria, fazendo com que os fatores de risco interajam entre si e participem de diversas categorias ao mesmo tempo.

Figura 25: Principais elementos que constituem os diferentes tipos de risco descritos por Veyret (2007).



Fonte: própria da autora, 2020.

A figura acima apresentou os principais elementos abordados nos quatro tipos de riscos definidos por Veyret (2007). Para este trabalho será utilizada apenas a definição de Risco Ambiental abordada pela autora. No próximo subcapítulo o tema é destrinchado com mais cautela e aprofundamento do que a definição por si só. Cabe salientar que muitos dos autores citados anteriormente também se embasaram na definição de Veyret para delimitar suas definições atuais.

### 5.2.1. Risco Ambiental

A definição de risco ambiental também será abordada na visão de Veyret (2007, p.63), a qual retrata que o risco ambiental é um “resultado da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território”. Egler (1996) aponta que o conceito de risco ambiental é uma resultante dos riscos naturais, tecnológicos e sociais, conjuntando então, os ‘processos naturais agravados pela atividade humana’ na qual Veyret apresenta e resgatando e complementando também o que a autora fala sobre os riscos pertencerem a mais de uma categoria de análise concomitantemente.

O risco natural é uma das componentes que compõem o risco ambiental e está relacionado, segundo Egler (1996), ao dinamismo dos sistemas naturais levando em consideração os diferentes graus de pertinência que envolve suas estabilidades e instabilidades manifestadas através de sua vulnerabilidade a eventos críticos de curta ou longa durabilidade. Essa categoria apresenta-se em diferentes graus de perdas devido a sua intensidade, a escala espacial e ao tempo de atividade dos processos atuantes (DE CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005). Os autores incorporam também a análise deste risco

natural associada às atividades diretas ou indiretas afetadas pelos processos da dinâmica superficial ou interna da Terra associando aos crescimentos demográficos e de sítios vulneráveis (regiões baixas, planícies aluviais, etc).

Segundo Veyret (2007), a área de origem hidroclimática está contida nos riscos ambientais e abarca uma série de eventos extremos, como por exemplo, a ação dos ciclones, das tempestades, das chuvas fortes, de chuvas de granizo e de grandes secas. Os danos e avarias que os indivíduos podem vir a sofrer com esses eventos podem causar uma suscetibilidade social. Uma das áreas hidroclimáticas mais largamente presentes no planeta e que afetam numerosas populações são as inundações. Por muitas vezes os processos de inundações estão associados as grandes tempestades e são acompanhadas de precipitações de granizo.

A percepção do risco ambiental diante a um evento extremo é taxada como uma maneira pela qual as pessoas detectam as consequências e efeitos desse evento através de sua capacidade interpretativa da situação e do perigo envolvido. O julgamento de valor por parte dos indivíduos resulta em percepções diferentes dos riscos, bem como, a empiria, o tipo de risco que se está exposto, o modo de vida individual e até mesmo na percepção de maior ou menor grau do risco (CEPED, 2016). No Brasil, segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais - ABDN (2013), aproximadamente 1,3% das mortes por desastres naturais são causadas pela precipitação de granizo e mais de 400 mil pessoas são afetadas de diferentes formas (feridas, enfermas, desabrigadas, desalojadas, desaparecidas e afetadas).

Normalmente, os riscos naturais e ambientais se exprimem espacialmente através de zoneamentos. Estes zoneamentos atrelados à cartografia constituem um dos pilares da definição do risco propriamente dito que é a prevenção (VEYRET, 2007). As prevenções relacionadas a esse risco podem ser elaboradas através dos órgãos competentes, como por exemplo, a Defesa Civil na intenção de proporcionar para a população mais vulnerável socioeconomicamente melhorias na cobertura de suas residências. A disposição de coberturas mais resistentes é essencial para minimizar os danos de intensas chuvas e ventos acompanhados do granizo.

Assim, como também as redes antigranizo são ideais para prevenir o dano às plantações por ação mecânica dos granizos associados aos ventos fortes e formato esférico dos mesmos. Muitos são os possíveis métodos de prevenção ao risco ambiental,



tanto em zonas urbanas quanto em zonas rurais, mas que podem ser pensados e articulados através da espacialização do fenômeno e dos danos causados pelo desastre. Nesse contexto, a modelagem computacional é importante para expressar as variações do evento adverso no tempo-espaço e é crucial para a análise espacial e as futuras medidas de prevenção e planejamento a fim de evitar episódios semelhantes no futuro.

### **5.3. Granizo**

A categoria de perigo neste trabalho está enquadrada no hidrometeoro ou a precipitação sólida conhecida como granizo, e ele será a base para identificação dos riscos e vulnerabilidade. Ele é classificado pela Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2012) como uma categoria de fenômeno natural de um grupo meteorológico contida em um subgrupo de tempestades do tipo local ou convectiva potencial geradora do subtipo granizo. O fenômeno é definido, pelo mesmo sistema de classificação e codificação, como a precipitação de pedaços irregulares de gelo.

Barry e Chorley (2013) aprofundam um pouco mais a definição do conceito abordando que o granizo é formado por grãos, bolas ou massas sólidas de gelo e irregulares, atingindo pelo menos 5 mm de diâmetro. O conglomerado de gelo tem em seu núcleo uma gota de água congelada, ou um grão de gelo, ou contém uma partícula de graupel. Os autores definem graupel como sendo grãos de neve, partículas de gelo cônicas ou arredondadas e opacas, de 2 a 5 mm de diâmetro e se constitui através da agregação de cristais de gelo.

Existem outras formas de precipitação sólida, como por exemplo, a neve, a saraiva e o rime, o que as diferenciam são basicamente os processos e conteúdos de formação e a forma de depósito. Neste trabalho, a precipitação sólida na qual será abordada e aprofundada é a precipitação do tipo granizo.

Esse fenômeno meteorológico ocorre através de processos atmosféricos de curta duração, de escalas pequenas a médias e em um intervalo de tempo que decorre de minutos (TAVARES, 2009). As precipitações de granizo acontecem, principalmente, durante os temporais e tempestades.

As condicionantes que propiciam a formação do fenômeno se dão através de passagens de sistemas atmosféricos (frentes, ciclones ou complexos convectivos de mesoescala) nos

quais podem resultar em nuvens cumulonimbus provocando tempestades, chuvas excessivas, vendavais e precipitações sólidas (TAVARES, 2009).

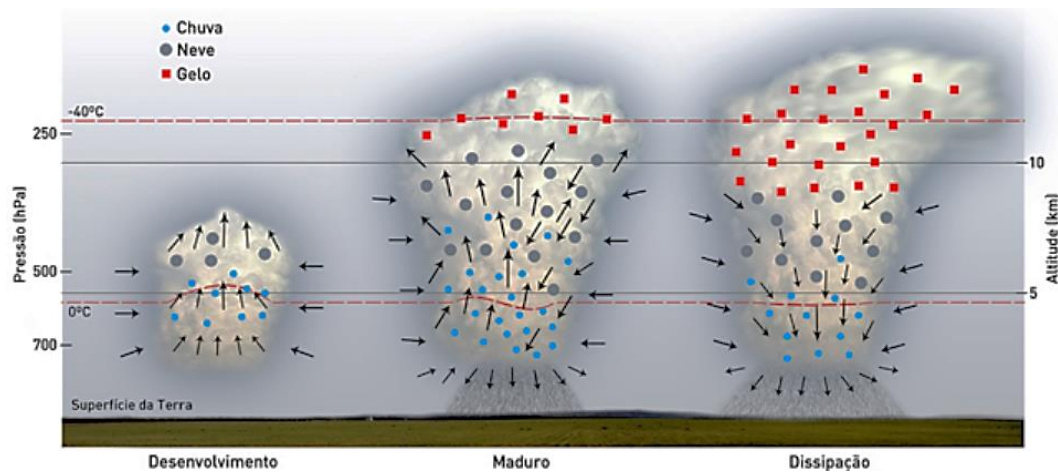
Esse tipo de nuvem está associado aos eventos de tempestades e desencadeia um topo de nuvem sólido (com partículas de gelo) com propensão a precipitação de granizo, dependendo se as condições atmosféricas forem favoráveis.

De acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT (2020), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o processo de desenvolvimento desse tipo de nuvem cumulonimbus pode ser explicado através de 3 processos, são eles: o desenvolvimento, o maduro e a dissipação (

A latitude geográfica do desenvolvimento do topo dessas nuvens (abaixo de 45°), em regiões de média para baixas latitudes, o topo em geral ultrapassa 10 km e pode alcançar altitudes de até 20 km. Os complexos convectivos parecem passar por estágios semelhantes àqueles de uma nuvem de tempestade.

Segundo o ELAT (2020), os estágios de desenvolvimento das nuvens de tempestades duram cerca de 20 a 40 minutos cada um. A formação inicia-se a partir do agrupamento de pequenas nuvens cumulus que se formam, em aproximadamente, 1 km de altura, apresentando uma extensão horizontal e vertical de algumas poucas centenas de metros. Estas nuvens tendem a reunir-se formando nuvens maiores passando a apresentar uma forma semelhante à de uma couve-flor.

Figura 26: Processo de formação, desenvolvimento e dissipação de uma nuvem cumulonimbus.



Fonte: Grupo de Eletricidade Atmosférica – INPE, 2020.

Elas podem evoluir para nuvens cumulus congestus, a qual representa um processo mais avançado de união de nuvens cumulus. Neste ponto, a base da nuvem se encontra

em torno de 1 km, seu topo atinge alturas entre 3 e 5 km e sua extensão horizontal chega a alguns quilômetros. O formato da couve-flor permanece com a nova nuvem, em alguns casos a nuvem cessa seu desenvolvimento e não evolui para uma tempestade.

Em casos em que a nuvem não cessa a sua amplificação e tende a tornar-se uma nuvem cumulonimbus, ela pode desatar em tempestades no seu estágio de desenvolvimento. O diâmetro varia em torno de 3 a 8 km, o seu topo se situa entre 5 a 8 km de altura e apresenta irregularidades por causa das partículas de gelo que a compõe.

O movimento do ar dentro da nuvem é predominantemente ascendente, arrastando gotículas de água e partículas de gelo para cima. A nuvem atinge o próximo estágio, maduro, no momento em que a velocidade terminal das partículas de água e gelo, as quais crescem constantemente, torna-se maior que a velocidade de ascensão, fazendo com que as mesmas caiam gerando correntes descendentes.

Os episódios de chuvas, relâmpagos, granizos e ventos fortes são associados ao estágio maduro por ser um momento em que há maior ocorrência desses acontecimentos, segundo o ELAT (2020). A chuva e o granizo em precipitação arrastam o ar para baixo, intensificando as correntes de ar descendentes e produzindo correntes de ar horizontais. O diâmetro da nuvem é de 10 km, a altura da base da nuvem pode variar de pouco menos de 1 km até cerca de 4 km, dependendo do fator da umidade, e tende a ser relativamente plana.

No estágio maduro o topo da nuvem atinge alturas que variam de 8 a 20 km. A forma do topo apresenta um alargamento em relação ao diâmetro da nuvem, devido ao espalhamento horizontal das partículas de gelo quando atingem o nível de equilíbrio. Os ventos são responsáveis por desenvolver na nuvem um formato semelhante a uma bigorna composta por cristais e gelo e que apontam na direção dos mesmos. A inibição de novas correntes de ar ascendentes dentro da nuvem aponta o estágio de dissipação.

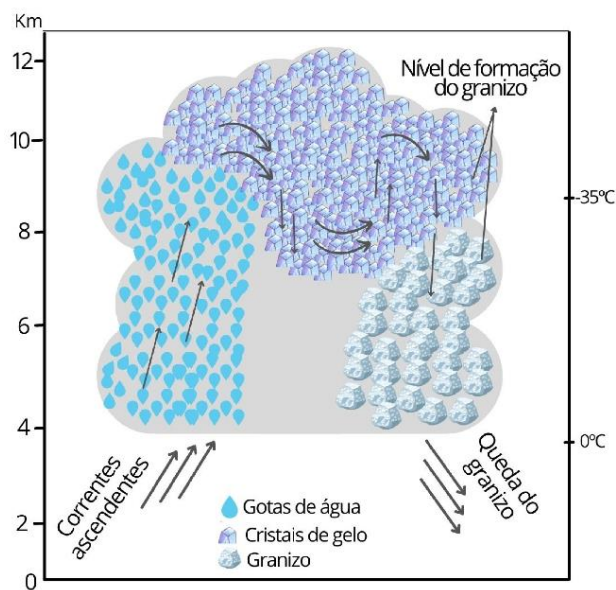
No último estágio, o da dissipação, o esfriamento da nuvem ocorre devido ao movimento de ar descendente, diminuindo a intensidade da chuva e de outros fenômenos. O topo da nuvem tende a reduzir até que a nuvem se dissipe, essa atividade é auxiliada pelos ventos nos níveis superiores que espalham os cristais de gelo resultando apenas em nuvens com formas semelhantes às nuvens cirrostratus e altostratus.

O dinamismo para a formação do granizo dentro dessas nuvens está associado ao processo de coalescência (agrupamento de gotas de gelo com outras gotas de água menores) que atua em nuvens cumulonimbus. O elevado desenvolvimento vertical e as baixas temperaturas em seu topo tornam-se um ambiente propício para o desenvolvimento de agregados de granizo.

A ascensão da gota de água líquida, advinda do vapor d'água da atmosfera terrestre, dentro da nuvem faz com que atinja temperaturas mais baixas, alcançando 0° C na linha isotérmica, transformando-se em gelo. Através disso, a coalescência, que permite a junção de outras pequenas gotas d'água às outras gotas já cristalizadas, acresce o granizo até atingir peso superior à resistência do ar ascendente, conforme mostra a Figura 27 (BARRY e CHORLEY, 2013).

Segundo o ABDN (2013), o tempo de precipitação sólida está associado ao tamanho do desenvolvimento vertical da nuvem e ao tamanho do agregado de granizo, sendo que quanto mais elevado for o desenvolvimento vertical e mais assimétrico forem as gotas, a chuva de granizo perdurará por um período de tempo maior. Os agregados de granizo viajam entre 5 e 10 minutos dentro de uma cumulonimbus antes de cair no chão. Devido ao processo de coalescência o granizo pode adquirir até 25 camadas de gelo em sua composição, assemelhando-se a estrutura interna de uma cebola.

Figura 27: Processo de formação do granizo em uma nuvem cumulonimbus.



Fonte: adaptada de MACHADO; TORRES, 2012.

A precipitação sólida do tipo granizo acontece em quase todo o globo terrestre, ela incide sobre climas quentes abrangendo as latitudes compreendidas entre 20° a 50°. Em território brasileiro as regiões mais atingidas são a Sul, Sudeste e a parte meridional do Centro-Oeste (TAVARES, 2009).

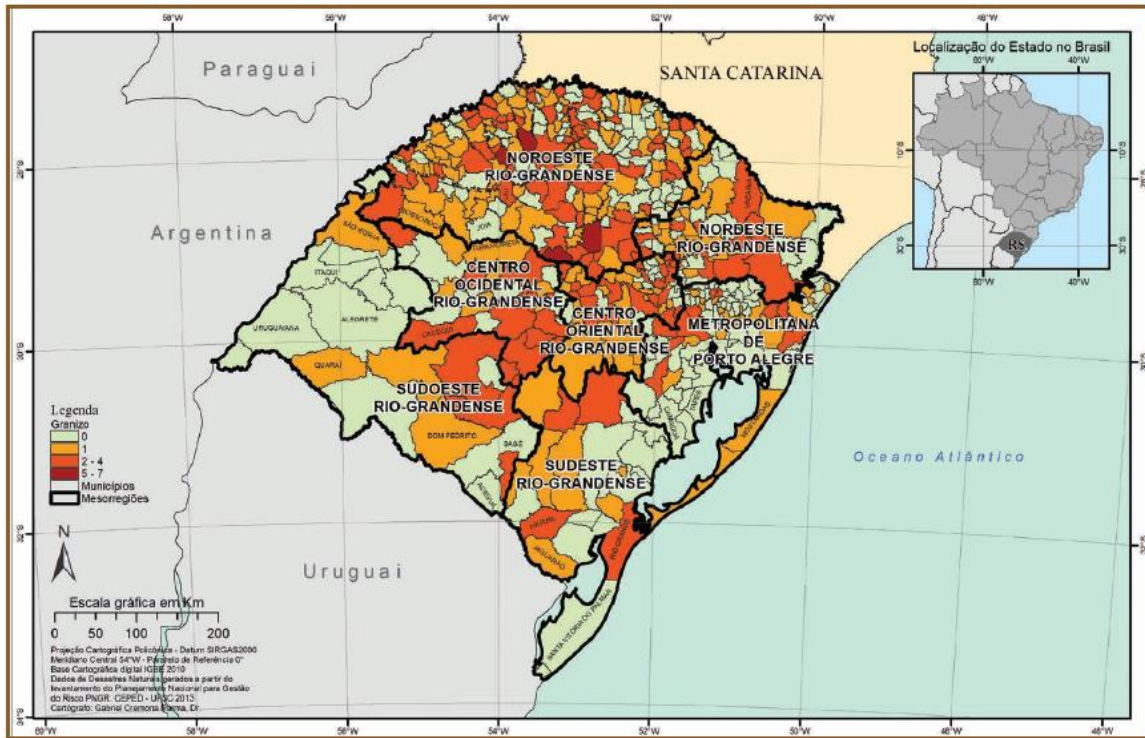
No Estado do Rio Grande do Sul as áreas que são mais propícias de desencadear fenômenos atmosféricos extremos são aquelas que possuem um relevo irregular, as quais abrangem os locais de maiores altitudes e distantes do mar. Dentre esses locais destaca-se o Planalto Superior, a Serra do Nordeste e o Planalto Médio (CUNHA; SCHEEREN; SILVA, 2001). Segundo o ABDN (2013), a maior parte dos municípios gaúchos atingidos está no noroeste do Estado em área de Planalto.

A época do ano mais recorrente para o acontecimento do fenômeno, no Rio Grande do Sul, é a primavera, pois existe mudança no gradiente térmico propiciando a formação de células convectivas. Essas mudanças de temperatura envolvem o encontro de intensas massas de ar polares com o ar mais quente dos jatos de baixos níveis advindos do norte da Argentina (ABDN, 2013). Segundo Cunha, Scheeren e Silva (2001), os meses de julho, agosto, setembro e outubro são os de maiores frequências, sendo o agosto o mais intenso. O outono é a estação de menor frequência com destaque para o mês de março.

Segundo o ABDN (2013), a probabilidade de as chuvas desencadarem tempestades com trovoadas e quedas de granizo foi identificada entre os meses de setembro e outubro. Eles correspondem ao início da estação chuvosa e apresentam temperaturas mais elevadas se comparadas ao inverno. As passagens das frentes frias associadas ao rápido aquecimento do continente criam condições para elevação de ar carregado com mais umidade formando as nuvens de grande desenvolvimento vertical.

O granizo não é um fenômeno muito recorrente no município do Rio Grande, pois o mesmo está situado em baixa altitude e sofre com o efeito da ação termorreguladora do Oceano Atlântico e dos grandes corpos hídricos lagunares (Lagoa Mirim e Lagoa dos Patos) (CUNHA; SCHEEREN; SILVA, 2001). De acordo com as informações registradas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), de 1991 a 2012, o município foi atingido três vezes pelo fenômeno (Figura 28). Atualmente, a última precipitação de granizo a qual causou significativas avarias ocorreu no ano de 2015 no mês de setembro (Figura 29).

Figura 28: Mapeamento de registros da precipitação de granizo no Estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1991 a 2012.



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, 2013.

Figura 29: Danos em cobertura de residências da área urbana em função da queda de granizo do dia 21/09/15, nas fotos acima mostra-se residências cobertas com lona plástica na Vila Militar.



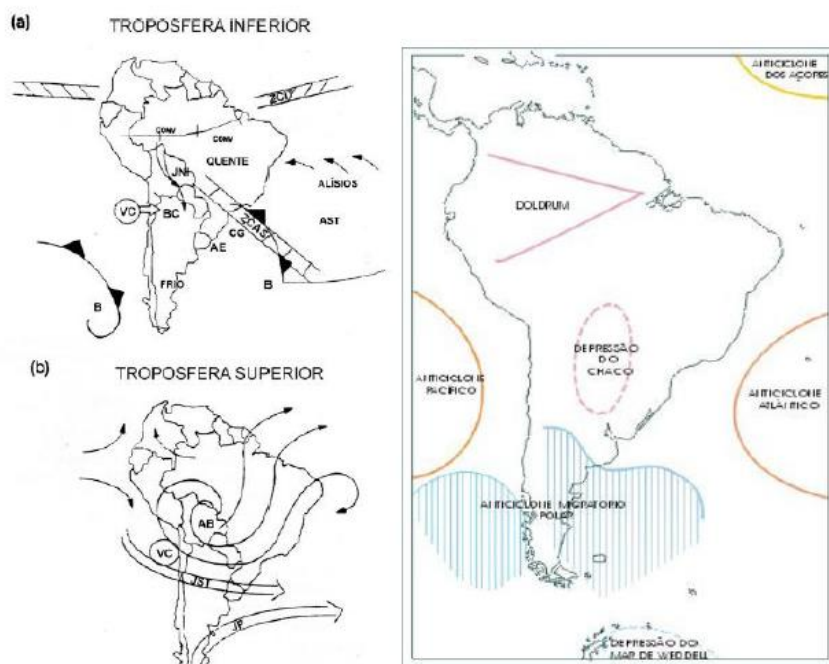
Fonte: Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande, 2015.



As latitudes do município do Rio Grande são atingidas pelos sistemas atmosféricos que podem ser o estopim para a formação de nuvens de tempestades (Figura 30). Dentre eles estão os sistemas frontais que ocasionam um tempo instável, produzem bastante chuva e podem resultar em granizos, inundações, vendavais e entre outros; os sistemas convectivos isolados que ocorrem no verão e podem unir-se aos sistemas frontais; e os complexos convectivos de mesoescala formados na região do Chaco que se deslocam para leste e carregam grandes intensidades, as quais podem gerar chuvas fortes, ventos, granizo e entre outros fenômenos responsáveis pelos desastres naturais (ROSSATO, 2011; ABDN, 2013).

Berlato, De Melo e Fontana (2000) calcularam a probabilidade do risco de ocorrência de granizo nas quatro estações do ano e nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. O município do Rio Grande enquadra-se na região ecoclimática denominada litoral, e de acordo com os dados observados pelos autores no período de tempo compreendido entre os anos 1944 a 1996, Rio Grande apresentou uma média de 1 granizada por ano e uma máxima absoluta anual de 4 granizadas. Esses eventos foram registrados nos anos de 1945, 1948, 1961 e 1974.

Figura 30: Sistemas da circulação atmosférica da América do Sul que podem desencadear nuvens de tempestades com precipitação de granizo: (a) troposfera inferior e (b) troposfera superior (à esquerda) e principais centros de ação sob a América do Sul (à direita).



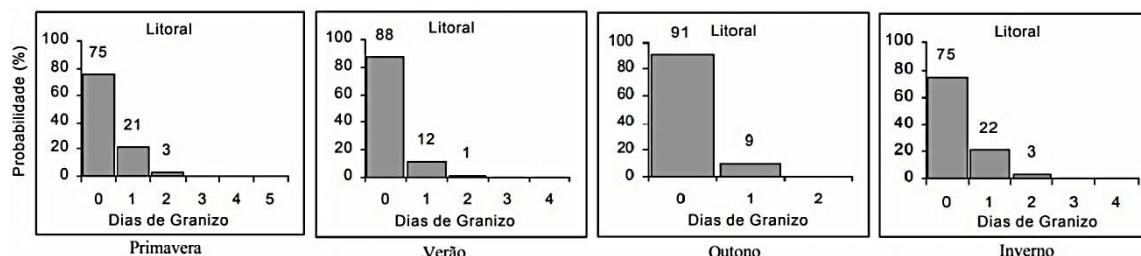
Fonte: ROSSATO, 2011.

Posterior aos períodos analisados, o S2ID possui em sua plataforma outros registros de eventos ocorridos em Rio Grande, são eles: 1998 com granizo, inundação e vendaval levando o município a decretar situação de emergência, 2003 com enxurradas e granizo, 2005 com estiagem, 2010 com inundações litorâneas, 2011 com estiagem e 2015 com granizo. Porém, ainda não foram encontrados estudos de probabilidade de risco relacionados aos eventos.

O período de maior frequência encontrado em relação à queda de granizo no RS foi do mês de julho ao mês de outubro, sendo que o mês de agosto possuiu os valores máximos da ocorrência absoluta mensal. Em Rio Grande, os meses de julho, agosto e outubro apresentaram, respectivamente, uma máxima absoluta mensal de 2, 3 e 2 granizadas (BERLATO; DE MELO; FONTANA, 2000).

De acordo com Berlato, De Melo e Fontana (2000), a primavera é a estação do ano com o maior risco de ocorrência de granizo no RS, alcançando uma taxa de 45%, seguida do inverno com 38%, do verão com 28% e do outono com 17%. Os autores apresentaram a probabilidade de ocorrência de granizo no RS para as quatro estações do ano através de gráficos. De forma adaptada serão apresentados somente os gráficos para a região ecoclimática litoral (Figura 31) a qual abrange o município do Rio Grande.

Figura 31: Probabilidade de ocorrência de granizo na região ecoclimática Litoral do RS para as quatro estações do ano (1944-1996).



Fonte: Berlato, De Melo e Fontana (adaptado, 2000).

Através da figura anterior, percebe-se que os valores de não queda de granizo (0) são mais expressivos ao longo de todas as estações do ano. Os maiores valores concentram-se no inverno (jun-jul-ago) (22%), primavera (set-out-nov) (21%), verão (dez-jan-fev) (12%) e outono (mar-abr-mai) (9%), respectivamente. Essas probabilidades não são tão elevadas se comparadas ao restante do Estado, pois como já citado anteriormente, esses municípios que compõem a região litoral (Rio Grande, Osório, Santa Vitória do Palmar e Torres) possuem altitudes baixas e sofrem com o efeito do Oceano Atlântico. Assim



como também, a região das Grandes Lagoas que sofre com o efeito de regulação térmica dos corpos lagunares.

A ocorrência dessas quedas de granizo observadas ao longo dos anos pode resultar em danos para as populações atingidas. Os impactos podem ser sentidos na agricultura, na vegetação natural, nos pássaros e animais silvestres e domésticos, em construções, em veículos e na perda de vida humana (BERLATO; DE MELO; FONTANA, 2000). Os desastres causados pelo granizo normalmente estão associados e são intensificados pelo vento forte e pela chuva líquida, os quais contribuem para o aumento dos danos, do total de afetados, desalojados, feridos e mortos. No RS, entre 1991-2012, 447.954 pessoas foram afetadas pela queda de granizo. Os danos, normalmente, não são prejudiciais quando a densidade dos agregados de gelo é inferior a dez pedras por  $0,10\text{m}^2$  (ABDN, 2013).

#### **5.4. Eventos Extremos**

Segundo Dorneles, Riquetti e Nunes (2020), os eventos extremos quando alcançam determinada localidade estão propensos a causar impactos sobre o meio em que estes ocorrem, assim como também desencadear vários transtornos sociais, ambientais e econômicos. O IPCC (2012) aborda o conceito de evento extremo considerando vários fatores externos a ocorrência do evento em si, como por exemplo, uma série de dados registrados com o intuito de desenvolver distribuições estatísticas e identificar valores acima ou abaixo dos limiares, a magnitude do evento ligada ao contexto geográfico local e também com o contexto social.

Os eventos extremos são fenômenos atmosféricos raros que ocorrerem em um determinado lugar, caracterizados pelo valor de uma variável climática estar acima ou abaixo da faixa de valores observáveis (IPCC, 2012). Estes episódios podem ocorrer com durações de tempo diferentes, mas todos causam impactos negativos para a sociedade. Atualmente, nota-se um aumento de diferentes eventos extremos, em diferentes escalas de estado da atmosfera, relacionados ao tempo e ao clima (FERRAZ; REBOITA; AMBRIZZI, 2015).

Os eventos extremos caracterizados de tempo são fenômenos atmosféricos que ocorrem com pouca frequência, como por exemplo, uma intensa precipitação em um período do dia, uma chuva significativa de granizo, fortes vendavais e entre outros. O IPCC sugere que valores extremos sejam detectados a partir da utilização de um percentil de 95% da série temporal de dados (FERRAZ; REBOITA; AMBRIZZI, 2015). No caso

de um evento de granizo os dados são muito difíceis de serem representados de forma espacial, pois o fenômeno ocorre de modo mais ou menos localizado, ele possui uma alta variabilidade espacial e também não há um grande número de estações meteorológicas para a detecção do fenômeno (BERLATO; DE MELO; FONTANA, 2000).

Já os eventos extremos caracterizados de clima, segundo Ferraz, Reboita e Ambrizzi (2015), são aqueles oriundos de uma sequência de ocorrência de eventos extremos de tempo em uma estação do ano ultrapassando os valores médios registrados em anos anteriores. Os mais comuns no Brasil são os extremos climáticos chuvosos, de secas, de temperaturas mais elevadas (ondas de calor) e temperaturas mais baixas (ondas de frio). Os tornados e ciclones extratropicais também ocasionam eventos extremos que podem causar avarias através de vendavais (destelhamentos e quedas de árvores), chuva, alagamentos, inundações e entre outros fenômenos.

A frequência e intensidade dos eventos extremos meteorológicos e climáticos podem tornar-se cada vez mais intensos e corriqueiros devido às mudanças climáticas. A mudança global do clima é um dos grandes desafios da atualidade, visto que é resultado de um processo de acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera retratando o aquecimento do planeta pela interferência antrópica, de acordo com o Plano Nacional Sobre Mudança do Clima – PNMC (2008). Down e Downing (2007) definem mudanças climáticas como sendo as alterações estatísticas no estado médio do clima e/ou em suas variações as quais perdura um período de tempo maior. Podem decorrer de processos internos naturais, por forçantes radioativas externas e/ou por interferências humanas na composição da atmosfera e no uso do solo.

Segundo Down e Downing (2007), o globo terrestre tem sido atingido frequentemente por condições meteorológicas incomuns, mesmo que um único evento climático extremo não comprove que o clima da Terra esteja se alterando, as modificações nas temperaturas e composição da atmosfera tendem a comprovar. Os autores relatam que as mudanças do clima, de acordo com as modificações citadas anteriormente, levam os cientistas a concluir que os padrões de tempo meteorológico globais estão sendo atingidos.

De acordo com Marengo (2006), os eventos extremos de clima estão associados às variabilidades do clima médio. Para o Brasil os padrões de variabilidade são submetidos à mesma escala de tempo nos oceanos Pacífico e Atlântico. A variabilidade interanual associada aos fenômenos de *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) ou a variabilidade decadal do

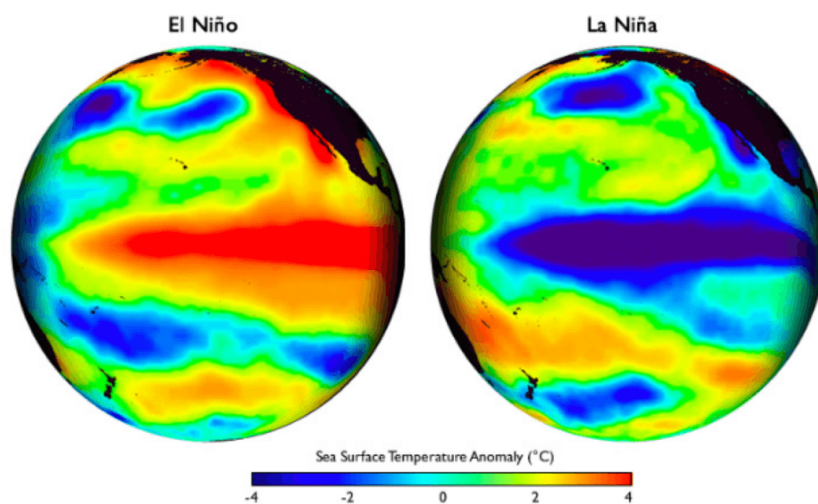
Pacífico (*Pacific Decadal Oscillation* – PDO), do Atlântico (*North Atlantic Oscillation* – NAO) e a variabilidade do Atlântico Tropical e do Atlântico Sul são fatores que tendem a intensificar o aumento de chuvas, vazões de rios, tempestades e entre outros.

Segundo Grimm (2009, p.353) grande parte da variabilidade interanual global é o fenômeno ENOS, “uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, que produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical, principalmente, no oceano Pacífico, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo o Brasil”. Os fenômenos de *El Niño* e *La Niña* modulam conjuntamente essa variabilidade do clima sobre a América do Sul.

Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC (2020), os eventos de *El Niño* e *La Niña* constituem o mesmo fenômeno atmosférico que ocorre no o oceano Pacífico equatorial e na atmosfera adjacente denominado de ENOS. Essa oscilação compreende uma situação em que o oceano Pacífico equatorial está mais quente (*El Niño*) ou mais frio (*La Niña*) do que a média normal registrada historicamente (Figura 32).

A alteração do balanço térmico e hídrico da atmosfera, nessa teleconexão que é o ENOS, marca o desencadeamento de eventos extremos, principalmente, relacionados à precipitação (VALENTE, 2018). Marengo (2006) aponta que se o *El Niño* continuar aumentando sua frequência ou intensidade tende a ocorrer mais secas ou enchentes e ondas de calor no Brasil, pois o mesmo influencia na frequência de eventos extremos. Segundo Torres e Machado (2017), os fenômenos se intercalam a cada três a sete anos, porém podem assumir um tempo maior de intervalo (1 a 10 anos) entre um e outro.

Figura 32: Anomalia da TSM em caso de El Niño e La Niña.



Fonte: *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA, 2017.

Na região sul do Brasil, os efeitos do *El Niño* podem ser sentidos através das abundantes precipitações na primavera e no inverno e também um aumento da temperatura média (TORRES; MACHADO, 2017). Através disso, compreende-se que os efeitos desse evento corroboram com os dados já apresentados de que as mais intensas frequências de precipitação de granizo acontecem nas mesmas estações do ano. Devido à modificação do comportamento normal da célula de Walker, eventos de tempestades podem surgir e desencadear episódios severos de granizo.

Segundo Marengo (2006), em 1997/98 o *El Niño* provocou fortes chuvas no Brasil ocasionando enchentes no sul do país. O município do Rio Grande entrou em decreto de situação de emergência no ano de 1998 quando ocorreu um episódio de forte precipitação de granizo, segundo o S2ID (1998). O Diário Oficial da União (1998) reconheceu o pedido de auxílio e os efeitos ocasionados pela passagem de um evento adverso, são eles: as intensas precipitações pluviométricas, inundações, vendavais e granizos ocorridos no município.

Não necessariamente o evento destacado anteriormente tenha a influência do fenômeno *El Niño*, pois havia e há uma grande incerteza das mudanças ocasionadas por ele e também os extremos climáticos podem acontecer independentemente da presença do ENOS (MARENGO, 2006). Os anos de 1998/99/00 foram precedidos pela presença da *La Niña* com magnitudes de fraca a moderada, segundo o *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA* (2020). Mesmo conhecendo os efeitos da *La Niña* (frio e seco) para a região Sul do Brasil, houve independentes tempestades geradoras de episódios de precipitação sólida intensa no Rio Grande do Sul, precisamente no município do Rio Grande.

Segundo Caldana *et al* (2019) as estimativas probabilísticas de eventos extremos, e neste caso o de 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. Sempre que há ocorrência do extremo de granizo, há perdas econômicas visíveis no campo da agricultura e muitas danificações em edificações, veículos e biodiversidade. Sendo que, os riscos urbanos oriundos da ocorrência dos eventos extremos, muitas vezes estão associados ao processo de urbanização e construção civil.

A detecção da precipitação do extremo de granizo é dificultosa, como já mencionado anteriormente, com isso além das redes de estações meteorológicas, meios mais

convencionais de medição, os jornais são ótimas fontes de informação sobre os casos de eventos que ocorrem. Aproximadamente 12% dos desastres naturais que ocorrem são provenientes de episódios intensos de granizo, os quais são constantemente noticiados sobre os danos sociais, econômicos e/ou ambientais causados na localidade afetada (CALDANA *et al*, 2019). Os jornais e relatórios da Defesa Civil são instrumentos de informações auxiliares às observações meteorológicas e expõe a capacidade destrutiva de um evento extremo de granizo.

Segundo Cavalcanti *et al* (2009), entre todos os tipos de eventos extremos que ocorreram na região Sul do Brasil, destaca-se o atípico acontecimento do furacão Catarina, em 2004, o qual emergiu de um ciclone subtropical com tempestades e ventos fortes causando destruições e mortes. O extremo de granizo é um episódio mais corriqueiro, porém uma intensa precipitação pode causar mais devastação do que diversos outros de menores intensidades.

Alvalá e Barbieri (2017) destacam que no Brasil alguns elementos como, chuvas intensas e prolongadas, tempestades, vendavais, granizo e secas, deflagram desastres naturais onde as populações estão mais expostas e vulneráveis aos eventos climáticos e hidrometeorológicos extremos. Cavalcanti *et al* (2009) aponta que esses elementos relacionados com o aquecimento global tendem a terem seus índices de temperatura e precipitação ora aumentados, ora diminuídos. Essas mudanças de padrões anuais remetem a chuvas mais violentas e temporais mais frequentes.

Nas latitudes do município do Rio Grande, os eventos extremos de tempestades são fenômenos presentes e que desencadeiam uma série de avarias para a população. As condições atmosféricas que geram ciclones extratropicais desenvolvem extremos de tempestades de vento, de maré meteorológica, de elevados índices pluviométricos, quedas de granizo e inundações. A maioria dos sistemas atmosféricos que são potenciais desenvolvedores de eventos extremos acontecem em latitudes médias no Hemisfério Sul, as quais compreendem as latitudes do sul do Rio Grande do Sul (MACHADO, 2014).

### **5.5. Sistema de Informações Geográficas**

A Ciência Geográfica dá forma às decisões as quais são acompanhadas de muitas informações geográficas (IG's) e situações de complexas resoluções. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) atrelado as IG's são fundamentais para solucionar problemas do mundo real. Um SIG alimentado com um banco de dados georreferenciado e de alta qualidade é essencial para descrever e analisar interações de dados espaciais (LONGLEY *et al*, 2013).

“Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Geoestatística. A tecnologia SIG está para as análises geográficas, assim como o microscópio, o telescópio e os computadores estão para outras ciências (Geologia, Astronomia, Geofísica, Administração, entre outras)” (SILVA, 2003, p.27).

As técnicas de análises espaciais hoje desenvolvidas no SIG antigamente não necessitavam serem pensadas e espacializadas em um computador. A evolução deste sistema de informação ocorreu ao longo da história humana e ao longo da evolução da Geociência de forma interdisciplinar e sua conceituação só aparece no decorrer da década de 1970. Jon Snow em 1854, em Londres, foi o pioneiro a utilizar a ideia de SIG, analogicamente, para entender o surto de cólera na localidade através dos endereços dos infectados e dos postos de abastecimento de água. O mapa elaborado por ele é considerado o primeiro exemplo de análise espacial e de tomada de decisão a partir do produto gerado.

Segundo Bolfe *et al* (2011), a evolução dos SIGs desde a década 1940 até os dias atuais percorre momentos na história antes do advento da informática como, por exemplo, a área de atuação dos profissionais arquivistas os quais arquivavam, recuperavam e atualizavam grandes arquivos de informações analógicas. Estes SIGs relacionam-se com as teorias dos sistemas complexos de Bertalanffy e com as novas disciplinas do conhecimento, como a Engenharia de Sistemas e a Ciência da Informação. As complexas demandas por novas formas de gestão do território e os períodos de guerras foram os estopins para o aprimoramento dos SIGs e da tradução de suas expressões socioespaciais.

Bolfe *et al* (2011) aborda que as análises espaciais, pós Segunda Guerra Mundial principalmente, tornaram-se mais sofisticadas devido à evolução de estudos e relações entre si em geodésia, topografia, aerofotogrametria e matemática. Esses desenvolvimentos possibilitaram representar a superfície terrestre para aquela época e posteriormente, de forma cartográfica, foi possível representar informações geofísicas, geológicas e meteorológicas. A corrida espacial advém desse momento da história com a ideia de lançamentos de satélites artificiais na órbita terrestre.

O final da década de 1950 foi marcada pela demanda de sistematização, acesso e modelagem eficiente de dados obtidos através de lançamentos de alguns satélites como o

*Sputnik I e II (1957), Explorer I (1958) e Explorer VI (1959)*, responsável por obter a primeira imagem da Terra vista do espaço. Os primeiros *softwares* foram desenvolvidos e a abordagem geossistêmica apontada, principalmente, por Bertrand e Sotchava consolidou-se. O conceito de geossistemas aproximou-se das bases conceituais de SIGs por abordar sobre os limites mensuráveis e as escalas físico-territoriais (zona, domínio, região natural, geossistema, geótopos e geofácies) relacionando com os operadores de área de influência (*buffer*) ou zona (lógica *booleana* e *fuzzy*) (BOLFE *et al*, 2011).

Muitos foram os aprimoramentos e desenvolvimentos concretizados para termos a tecnologia em SIG de hoje. Segundo Silva (2003), a partir da década de 80 que a comunidade envolvida com este sistema foi contemplada com aumentos substanciais de estudiosos e pesquisadores na área. Com isso, apareceram desenvolvimentos e popularização de *hardwares* de alta capacidade, *softwares* e aplicativos aprimorados e baseados em SIG de grandes empresas (Gimms, Esri, Intergraph) e disseminação de informações na internet, principalmente com o lançamento do satélite norte-americano LANDSAT.

A popularização das informações e plataformas que possibilitaram o conhecimento de todo o mundo, como o *Google Earth* e o *Google Maps*, e descentralizaram o acesso sobre essas ferramentas em que apenas empresas, Universidades e Instituições Governamentais tinham. As imagens de satélites, os modelos tridimensionais, o sistema de posicionamento global, o conhecimento do uso de cobertura da terra, os modelos de cenários futuros e entre outros se tornaram ferramentas e aportes capazes de subsidiar decisões de forma rápida e eficaz.

No Brasil, o SIG é marcado por inúmeras instituições que fornecem informações e pesquisas geográficas sobre quase todas as localidades terrestres e marítimas, mas destaca-se o INPE e o departamento do mesmo chamado de Sistema Geográfico de Informações (SGI). O INPE desenvolveu um *software* totalmente brasileiro e capaz de processar as IG's: SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Segundo o INPE (2020), alguns satélites brasileiros já foram desenvolvidos pelo Laboratório de Integração e Testes (LIT) como, por exemplo, a série CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres - e a série SCD – Satélite de Coleta de Dados.

O processo decisório o qual é possibilitado por este sistema de informação vincula-se com uma série de variáveis de análise que exigem o emprego de metodologias multicritério. Através da manipulação simultânea dos critérios os SIG's tornam-se uma ferramenta para a busca de soluções em diversos planejamentos. Seus sofisticados programas e complementos possuem operações específicas para auxiliar na resolução de complexas demandas (FITZ, 2008). Para isso, é necessário compreender o elemento fundamental dos SIG's, o dado espacial.

De acordo com Fitz (2008), a manipulação e processamento dos dados espaciais somente ocorrem de acordo com a junção de alguns personagens específicos os quais compõem o SIG, são eles: *hardwares*, *softwares*, os dados, métodos e profissionais capacitados. A ausência dessa composição torna difícil a obtenção de resultados rápidos, eficientes e com alta precisão, requisitos hoje solicitados para um Sistema de Informações Geográficas. O *hardware* é utilizado de acordo com os dados e os métodos que serão adotados e o *software* também depende de qual método será empregado e quais as condições financeiras por parte dos profissionais, optando então por um *software* com licença paga ou gratuito e de código aberto.

Usualmente, dois grandes *softwares* são utilizados, são eles: o ArcGIS, o qual possui um alto valor de licença e foi elaborado pelo instituto Esri (*Environmental Systems Research Institute*) e o QGIS é um projeto elaborado pela *Open Source Geospatial Foundation*, gratuito e de código aberto o que possibilita ser constantemente atualizado por profissionais de tecnologia da informação que desejam aprimorar os recursos já disponibilizados pelo *software*. Ambos os programas suportam diversos dados de diferentes naturezas.

Segundo Longley *et al* (2013) os dados espaciais são vinculados a um lugar, em um determinado tempo na história e a atributos que o complementam e caracterizam-no. Algumas formas de representar digitalmente os elementos geográficos se expressam em dados matriciais e vetoriais. Os dados matriciais, ou *raster*, consistem em representar o espaço e as variações geográficas através da divisão em forma de malha retangular de células (geralmente quadradas) e com propriedades e atributos associados a essas células ou *pixels*, como também são chamadas. Os satélites capturam as informações nesta forma e representam um dos exemplos de dado matricial.



Os dados vetoriais, segundo Fitz (2008), consistem em três estilos de gráficos, os quais compreendem os pontos, linhas e polígonos (ou áreas). Essas estruturas utilizam um sistema de coordenadas para sua representação. Através disso, os pontos correspondem a um par de coordenadas enquanto as linhas e polígonos correspondem a um conjunto de pares de coordenadas.

Segundo Câmara e Monteiro (2001), além das coordenadas, dados não-espaciais (atributos alfanuméricos) podem ser associados para indicar de que tipo de ponto, linha ou polígono está se tratando, assim como também há associação de indexação espacial – índice que organiza um banco de dados de forma ágil e com isso acelera o processo de pesquisa.

Os dados vetoriais traduzem-se na ideia de objetos discretos, cada objeto do mundo real é inicialmente classificado em um tipo geométrico de ponto, linha ou polígono. Estas feições geométricas são estruturadas em um banco de dados do tipo tabela, onde cada linha é ocupada por uma feição e cada coluna é representada por uma propriedade/atributo da feição (LONGLEY *et al*, 2017). Em relação a produções de cartas e em operações onde se requer maiores precisões, os vetores são mais adequados, mas as operações de álgebras de mapas são mais facilmente realizadas no formato de matricial. Com isso, há a possibilidade de transformações desses dados vetoriais em matriciais (ou vice-versa) para futuras álgebras entre eles.

Camadas de informações geográficas são combinadas para obter medidas de vulnerabilidade ou risco sobre determinados acontecimentos socioespaciais, incluindo cálculos relativamente simples para se alcançar índices. Com isso, a modelagem computacional em ambiente SIG faz esse papel de combinar muitos estágios de transformação e de manipulação em um único resultado.

Segundo Longley *et al* (2017), por vezes os processos modulados necessitam atribuir pesos diferentes para cada variável de entrada, combinando-as de forma que o resultado disponha de um índice multicritério capaz de auxiliar na tomada de decisão em uma determinada situação. Para cada variável atribui-se o peso de importância conforme a visão do(a) operador(a) do SIG e de quem estuda o objeto. E é então, de acordo com esta reclassificação de valores às variáveis que se têm um índice final que identifica espacialmente a graduação da ocorrência de determinado fenômeno.

De acordo com Lang e Blaschke (2009), a análise espacial apoiada no sistema de informações geográficas objetiva a geração de novas informações através do uso, integração e manipulação de dados já existentes propondo informações para embasar

decisões referentes a áreas. Os múltiplos critérios associados aos dados retornam em avaliações as quais são frequentemente utilizadas para solucionar problemas demandados das expressões socioespaciais de forma conjunta e transparente por parte dos planejadores e órgãos competentes.

### **5.5.1. Criação de Índices em ambiente SIG**

A identificação de áreas que concentram os segmentos populacionais mais vulneráveis é subsidiada através das espacialidades em ambiente SIG, proporcionando índices representativos de diversas variáveis, sendo elas principalmente, sociais, econômicas, de infraestrutura urbana, ambientais, de saúde e segurança pública (MALTA; COSTA; MAGRINI, 2017). Adicionalmente, um índice é construído a partir da integração de uma metodologia de critérios e de indicadores, os quais serão computados em um programa SIG, utilizando uma técnica denominada de Processo Analítico Hierárquico (AHP) com indicadores agrupados em componentes de Socioeconômico, Infraestrutura Urbana e Ambiental, de Saúde e de Segurança. O AHP permite fazer uma abordagem de tomada de decisão estruturada utilizando o julgamento de especialistas.

Neste trabalho, o índice apresentará componentes de indicadores socioeconômicos e de infraestrutura urbana, possuindo características semelhantes a pesquisa citada anteriormente para análise da vulnerabilidade da população rio-grandina e os riscos associados frente a precipitação de granizo. Tendo em vista que não há dados disponíveis sobre a saúde e segurança pública.

Segundo Siche *et al* (2007, p.139) “o índice trata-se de um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados”. A diferença entre o índice e o indicador é de que o primeiro releva o estado de um sistema através da junção de um jogo de elementos com relacionamentos estabelecidos e o segundo é esse elemento como um dado individual ou um agregado de informações sobre uma dada realidade.

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), segundo Costa *et al* (2018, p.5), “é um índice sintético construído com base em indicadores que expressam fragilidades sociais a partir desses fatores”. Embora discutida muito amplamente nos últimos anos, a vulnerabilidade social não possui um significado único e consolidado na literatura. Este

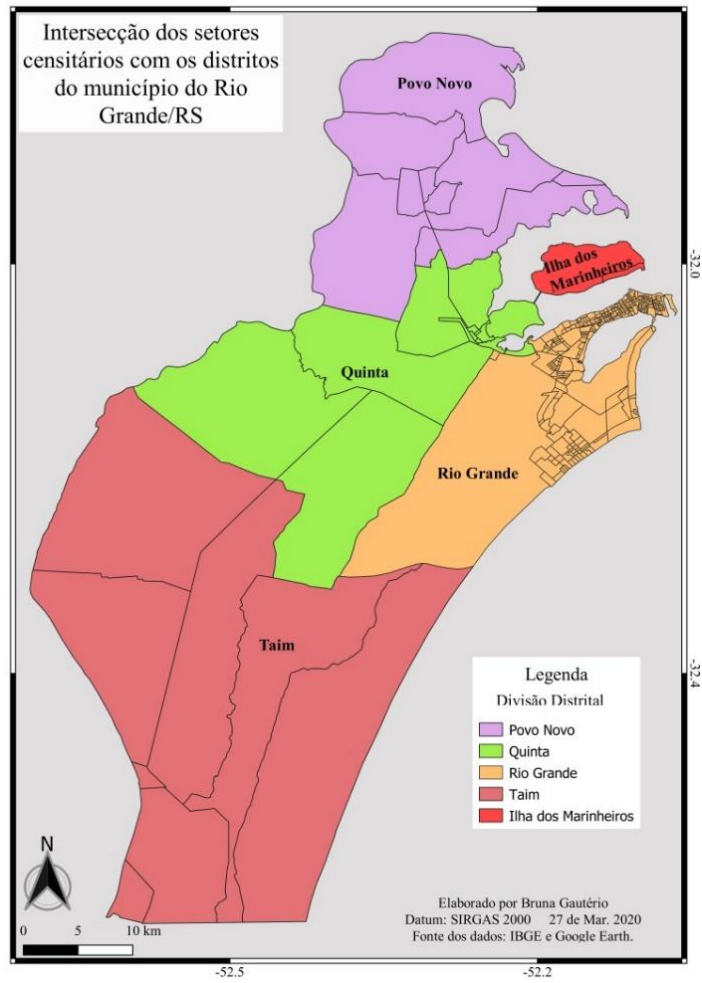
trabalho, também traz o caráter de um índice sintético voltado para a proposta de expressar espacialmente a vulnerabilidade social frente aos episódios de granizo que a população rio-grandina vivencia.

## **6. Material e Métodos**

Neste capítulo será abordado o método aplicado para alcançar um mapeamento de vulnerabilidade atrelado as variáveis que serão mencionadas a seguir, os respectivos fatores de ponderação, o *software* escolhido para as operações algébricas e os cálculos efetuados. A seguir será apresentado o recorte espacial (área de estudo) dessa pesquisa, o qual compreende o município do Rio Grande/RS.

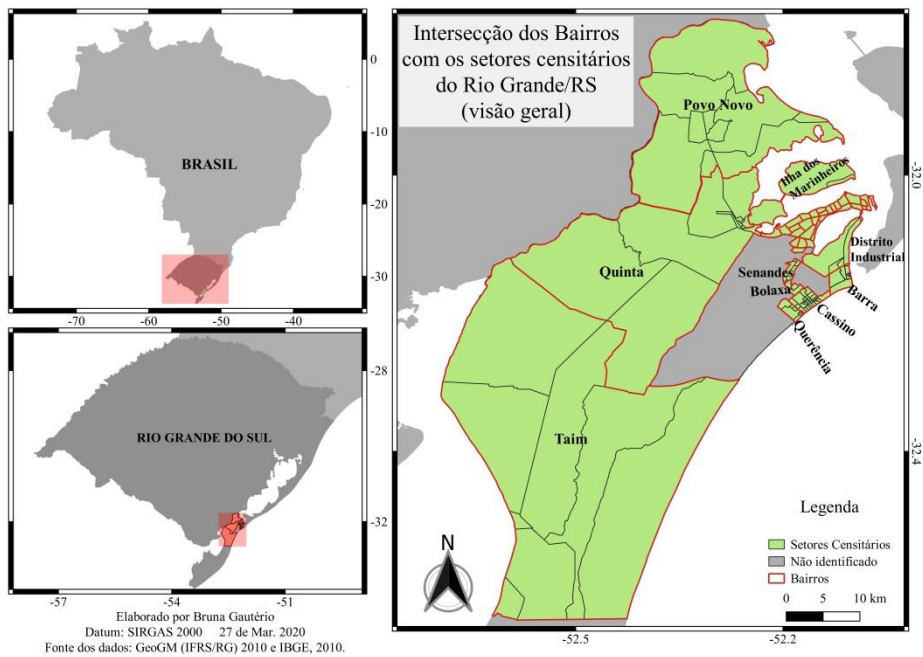
De antemão, apresenta-se que as discussões e citações serão abordadas através da Figura 33, Figura 34 e Figura 35, as quais apontam a intersecção dos setores censitários com os bairros e também com os distritos do Rio Grande. Optou-se por essa abordagem conceitual para a melhor compreensão do(a) leitor(a) em relação a espacialização dos setores, visto que os mesmos possuem códigos extensos e de difíceis compreensões.

Figura 33: Intersecção dos setores censitários pela divisão distrital do Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2020.

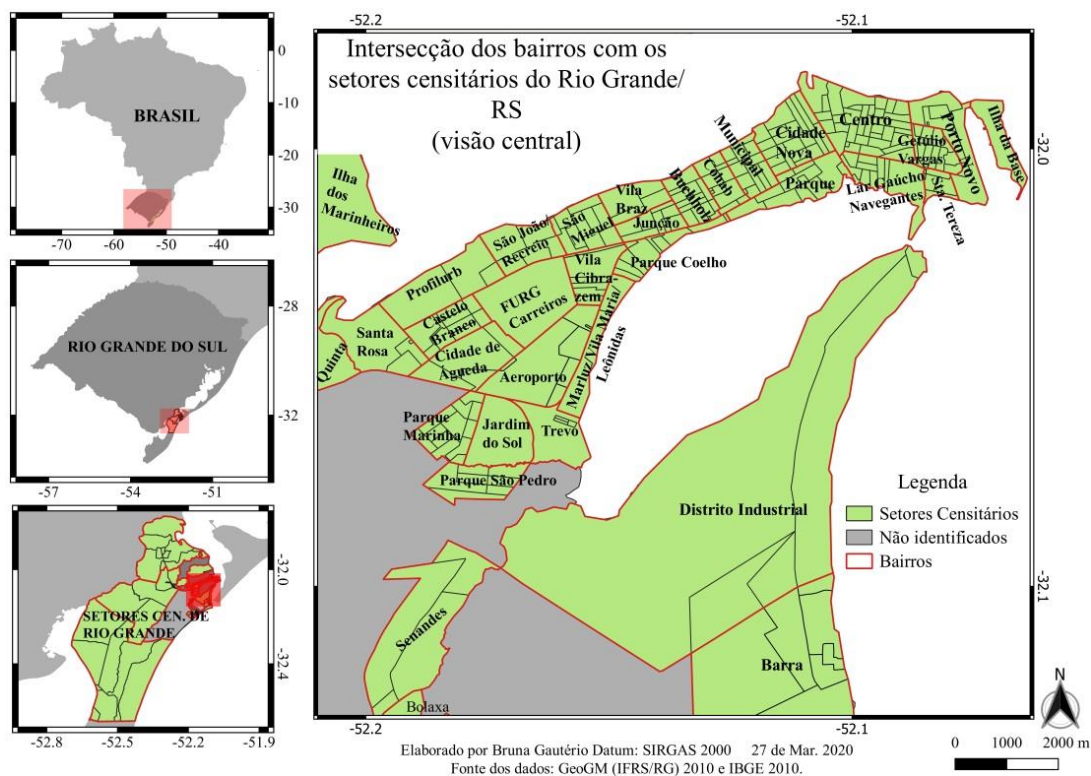
Figura 34: Intersecção dos bairros do Rio Grande com os setores censitários, visão geral do município.



Fonte: própria da autora, 2020.

Figura 35: Intersecção dos bairros centrais do município com os setores censitários.

6.



Fonte: própria da autora, 2020.

## 6.1 Dados

Os dados que utilizados ao longo da pesquisa basearam-se em indicadores sociais que expressam a questão socioeconômica e de infraestrutura urbana referentes ao município do Rio Grande/RS. O Quadro 2 descreve que indicadores são esses e suas respectivas fontes de obtenção.

Quadro 2: Descrição dos dados a serem utilizados e suas respectivas fontes de obtenção.

| Variável  | Definição   | Fonte  |
|---|---|--|
| <b>Indicadores que expressam os fatores socioeconômicos</b> |   |  |
| Densidade Demográfica                                       | Número de habitantes por km <sup>2</sup> de cada setor censitário   | IBGE Valores Agregados por Setor Censitário (CENSO 2010) |
| Renda   | “Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes” (IBGE, 2010).  |  |
| Pessoas Residentes  | “Total de pessoas residentes em domicílios” (IBGE, 2010).   |  |
| Analfabetismo   | Total de pessoas analfabetas ou com menos de 5 anos de idade. Segundo o IBGE, as pessoas analfabetas são caracterizadas como aquelas que aprenderam a ler e escrever, mas que por algum processo educacional esse ato |  |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | não foi consistente ou aquelas que apenas conseguem escrever seu próprio nome.   |   |
| Pedidos de auxílio financeiro à Prefeitura Municipal do Rio Grande e Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil | Total de pedidos de auxílio financeiro, por FGTS, para a Prefeitura Municipal do Rio Grande e Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil, por domicílio atingido, mediante comprovação documental. | Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande (2015) |
| <b>Indicadores de Infraestrutura Urbana</b>   |  |   |
| Energia elétrica  | “Total de domicílios particulares permanentes com energia elétrica” (IBGE, 2010).  | IBGE Valores Agregados por Setor Censitário (CENSO 2010)      |
| Água  | “Total de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral” (IBGE, 2010).   |   |
| Esgoto  | “Total de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial” (IBGE, 2010).                |   |
| Banheiro  | “Total de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário” (IBGE, 2010).  |   |
| Coleta de lixo  | “ ” (IBGE, 2010).  |   |

Fonte: própria da autora, 2019.

Os indicadores apresentados constituíram a expressividade da vulnerabilidade social diante o acontecimento de uma precipitação de granizo e expressou o risco diante do mesmo fenômeno. As condições de moradia e os serviços básicos de subsistência que são referentes à renda, a energia elétrica, a água, a esgoto, ao banheiro, a coleta de lixo e a analfabetismo indicarão espacialmente onde estão localizadas as pessoas com maiores vulnerabilidades sociais e econômicas.

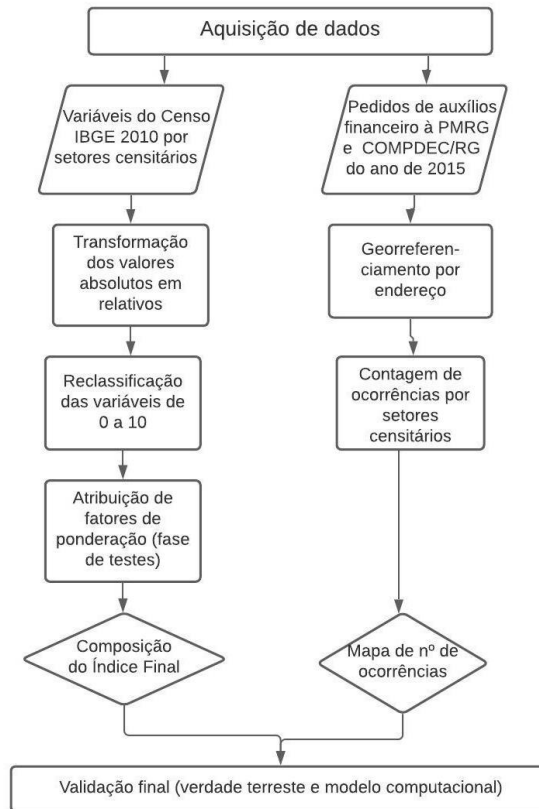
Adicionalmente, complementar a questão da percepção de perigo mediante ao risco, visto que a densidade demográfica e os pedidos de auxílio financeiro automaticamente direcionam a uma variável de indivíduo perceptível de possíveis danos materiais e humanos. O risco será identificado como as localidades em que possuem pessoas residindo atrelado as vulnerabilidades sociais e econômicas, citadas anteriormente.

## 6.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados seguiram o fluxograma apresentado na Figura 36. Todos os procedimentos foram processados no programa QGIS com a utilização do 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 e validação do índice.

Figura 36: Fluxograma da metodológico empregado.



Fonte: própria da autora, 2021.

### 6.2.1. 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, bem como a malha vetorial censitária do ano de 2010 com escala compatível de 1:5.000 a 1:250.000. Os valores foram coletados a nível da menor parcela territorial disponibilizada com valores absolutos associados. Foram escolhidas nove variáveis, de acordo com os responsáveis pela pesquisa, para elaboração do índice final.

Os pedidos de auxílios financeiro foram adquiridos através de um relatório em formato .PDF disponibilizado pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande (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, com isso, há inúmeros problemas oriundos dessa divisão de bairros e/ou de localidades “própria” de cada secretaria/órgão.

### 6.2.2. Pré-processamento

As variáveis que compuseram o índice final passaram por alguns ajustes antes de serem trabalhadas no SIG. Os valores absolutos associados foram submetidos a fórmulas matemáticas que propusessem o seu uso de forma relativa (em porcentagem), a fim de melhor expressar seus significados. As variáveis de abastecimento de água, banheiro, energia elétrica, esgotamento sanitário e coleta de lixo foram submetidas à fórmula da Equação 1, onde, cada variável foi submetida a uma multiplicação pelo valor 100 a fim de estabelecer um percentual de cada variável sob o número de domicílios:

$$\text{Equação 1 } \frac{\text{variável} \times 100}{\text{número de domicílios}}$$

A variável de analfabetismo incluiu um cálculo distinto do cálculo aplicado as variáveis anteriores. O IBGE não disponibiliza o número de pessoas analfabetas, com isso foi necessário extrair do número de residentes 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 a seguir:

Equação 2

$$\frac{(\text{pessoas alfabetizadas ou com 5 ou mais anos de idade} - \text{número de pessoas residentes}) \times 100}{\text{número de pessoas residentes}}$$

A variável de número de pessoas residentes por domicílio e a renda *per capita* por domicílio foram submetidas a um diferente processo matemático. Para o cálculo de renda foi considerado o valor de renda total do setor censitário e o número de pessoas residentes por setor, assim como também, o valor do salário mínimo em 2010 (510,00 reais). A seguir estão as fórmulas das Equações 3 e 4, respectivamente:

$$\text{Equação 3 } \text{pessoas residentes} = \frac{\text{variável}}{\text{número de domicílios}}$$

Onde, a variável de pessoas residentes foi expressa de forma que cada domicílio demonstre a quantidade média de pessoas que estavam contidas nas residências em 2010.

$$\text{Equação 4 } \text{renda} = \frac{(\text{renda total do setor censitário} \div \text{pessoas residentes})}{510}$$

Onde, a renda total de cada setor censitário foi distribuída pela quantidade de pessoa residente nos mesmos e dividida pelo valor do salário mínimo no ano de 2010.



Afim de confrontar e verificar a aplicabilidade do método utilizado nesse estudo, foram georreferenciados 7.672 pedidos de auxílios financeiro utilizando do Datum SIRGAS 2000 UTM Zona 22 S, para posterior identificação de pontos de maior ou menor intensidade do fenômeno ao longo do município.

### 6.2.3. Reclassificação

Os dados relativos foram reclassificados com valores de 1 (um) a 10 (dez) 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 programa QGIS. Sendo usado quebras naturais para densidade demográfica, analfabetos, abastecimento de água, presença de banheiro, esgotamento sanitário, lixo coletado e energia elétrica e intervalos iguais para pessoas residentes e renda *per capita*.

### 6.2.4. Fatores de ponderação

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, essa considerada como os dados de pedido de auxílios financeiro coletados pela Prefeitura Municipal do Rio Grande (PMRG) e COMPDEC/RG. Através da correlação do número de pedidos de auxílios por setores censitários e a ocorrência da incidência dos dados do IBGE nestes setores, destacaram-se os valores demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3: Valores de correlação entre os números de pedidos de auxílios financeiro à PMRG e COMPED/RG por setores censitários e a ocorrência da incidência dos dados do IBGE.

| <b>Indicador</b>        | <b>Correlação</b> |
|-------------------------|-------------------|
| Densidade demográfica   | 0,22              |
| Pessoas residentes      | 0,37              |
| Analfabetismo           | 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 |

Fonte: própria da autora, 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. O Quadro 4 apresenta quais foram estes fatores de ponderação destinados aos indicadores. No próximo subtópico será esmiuçado o cálculo realizado na associação de pesos e os valores mínimo e máximo encontrados no índice final.

Quadro 4: Fatores de ponderação.

| <b>Indicadores</b>                | <b>Fatores de ponderação</b> |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Densidade demográfica             | 6                            |
| Pessoas Residentes                | 10                           |
| Analfabetismo                     | 10                           |
| Renda <i>per capita</i>           | 6                            |
| Abastecimento de água             | -1                           |
| Esgotamento sanitário             | 2                            |
| Presença de banheiro              | 2                            |
| Abastecimento de energia elétrica | -1                           |
| Coleta de lixo                    | -1                           |

Fonte: própria da autora, 2021.

### **6.2.5. Composição final do índice**

O grau de pertinência do índice foi resultado do cruzamento dos indicadores com seus fatores de ponderação associados divididos pelo número total de ponderações. A realização dessa parte prática foi feita na tabela de atributos da camada vetorial de setores censitários, a qual tinha todos os valores já destacados anteriormente unidos, utilizando da opção da calculadora de campo que possibilita criar expressões lógicas e matemáticas. A fórmula escolhida foi adaptada de Lima e Bonetti (2018), vide Equação 6 abaixo:

$$\text{Equação 5 Vulnerabilidade} = \frac{((V1*P)+(V2*P)+(V3*P)+(Vn*P))}{nP}$$

Onde, V = valor da variável, P = fator de ponderação, nP = 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.

#### **6.2.6. Mapeamento dos pedidos de auxílios financeiro**

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 utilização da ferramenta ‘analisar’ vetores, a opção de processamento ‘contagem de pontos a partir de polígono’ do programa QGIS permitiu identificar quantos pedidos de auxílios financeiro foram realizados em cada SC. A identificação desses valores possibilitou a integração de técnicas estatísticas de correlação e gerações de gráficos de dispersão com reta de regressão linear para avaliar o índice final realizado em ambiente SIG e essa verdade terrestre registrada pela PMRG e COMPDEC/RG.

#### **6.2.7. Validação do Índice**

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 financeiro

por setor censitário e as 10 (dez) classes do índice foi gerado um diagrama de dispersão, no programa MATLAB, 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.

## **7. Resultados e Discussões**

As discussões das condições sociais que configuram as estruturas que configuram a vulnerabilidade e o risco, através dos indicadores que expressam os fatores socioeconômicos e alguns dos indicadores que configuram o sistema de infraestrutura urbana são apresentadas através das nomenclaturas dos distritos e bairros já apresentados na Metodologia. 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.

### **7.1. Análise dos indicadores**

Os mapas dos indicadores subsidiarão as discussões sobre a distribuição da vulnerabilidade com indicadores sociais do Censo IBGE de 2010 (Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45) e em consonância com os pedidos de auxílios financeiro à PMRG e ao COMPDEC (ver Figura 46).

#### **7.1.1. Densidade Demográfica**

A densidade demográfica é uma importante variável, pois ela expressa em quilômetros quadrados o quão povoado é um setor censitário. Esse índice demográfico possibilita analisar a distribuição espacial dos habitantes através da população absoluta existente pela área em que ela está estabelecida. Esta taxa relativa apresenta à proporção que os habitantes ocupam em um determinado espaço e com isso é possível agir ativamente em cima das demandas oriundas do significativo nível de concentração populacional.

A Figura 37 apresenta a distribuição espacial da densidade demográfica em parte do município do Rio Grande. Através dela, compreende-se que as áreas densamente povoadas estão estabelecidas sob o distrito do Rio Grande que abriga parte da zona urbana

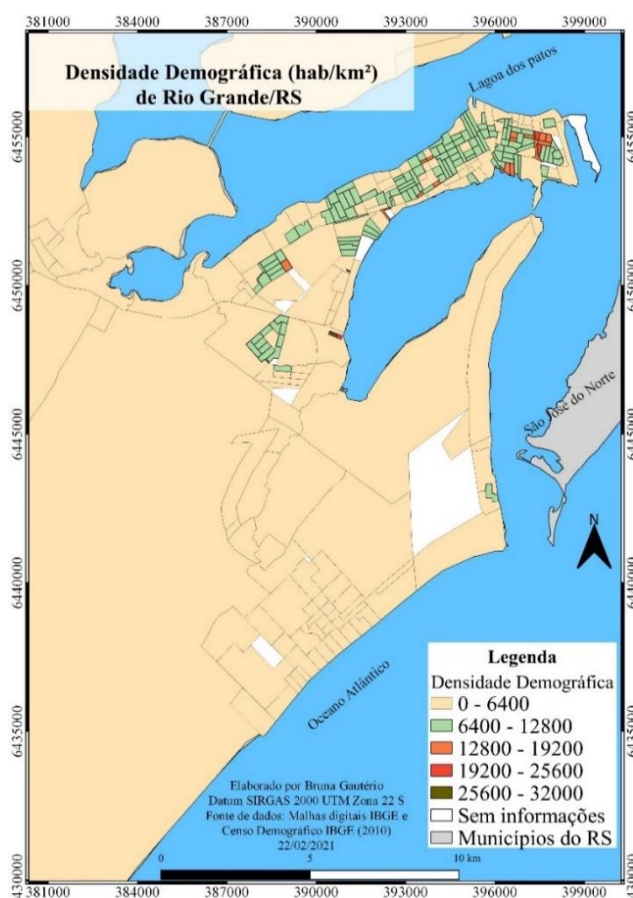
do município. Demais localidades como o Distrito Industrial e o Distrito da Quinta também abarcam um significativo povoamento.

A zona rural do município não possui uma alta densidade populacional, visto que essas áreas normalmente são ocupadas por trabalhadores rurais e seus familiares. A média absoluta encontrada para a densidade é de 5.558 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>.

Identificar quais são as áreas mais ou menos povoadas auxilia no processo de tomada de decisão. Uma área com uma alta densidade, como é o pontal arenoso do município, possui a probabilidade de ter um elevado número de residências atingidas durante uma forte precipitação de granizo.

Porém, uma área com baixa densidade atribuída, como se destaca a zona rural do município, não atingirá uma alta concentração da população, mas atuará em outros fatores, como o econômico, que afetam indiretamente os habitantes, como por exemplo, as devastações de lavouras.

Figura 37: Densidade demográfica por setor censitário em Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2021.

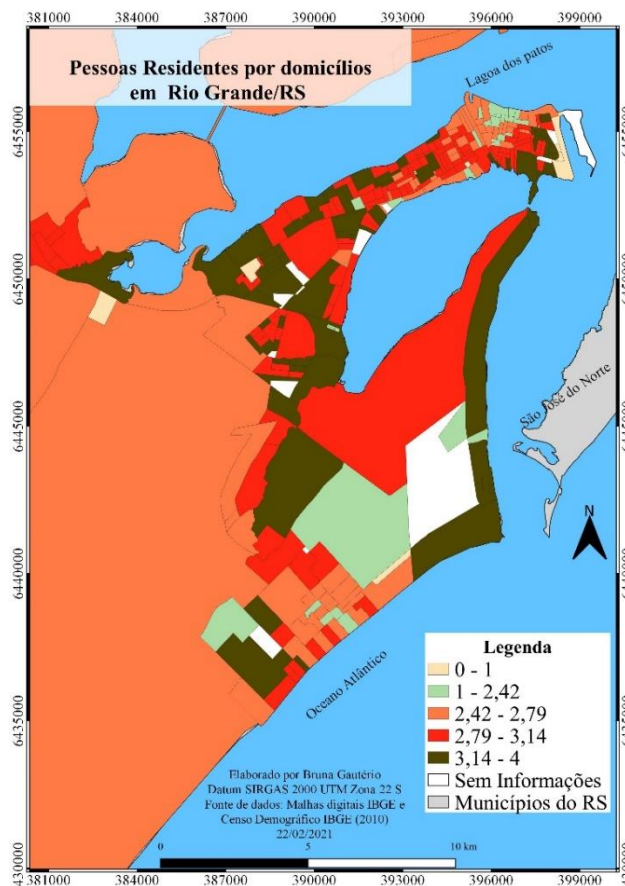
### 7.1.2. Pessoas Residentes

O IBGE disponibiliza o número de pessoas residentes por domicílio em seus setores censitários. Ele caracteriza a população residente de acordo com os moradores que possuem o domicílio como lugar habitual de residência. Essa variável representa a quantidade de pessoas dividindo o mesmo domicílio dentro da menor unidade de parcela territorial em que o censo é divulgado – o setor censitário.

A representação de forma dessa variável se deu através do número de pessoas residentes em um domicílio pelo número total de domicílios presentes em um setor censitário. Essa operação foi realizada para representar espacialmente os domicílios que possuem elevados números de moradores, a Figura 38 mostra essa distribuição. O valor médio absoluto encontrado de residentes por domicílios é de 2,65 pessoas, sendo o máximo médio de 4 pessoas e o mínimo médio de 0 pessoas.

A caracterização desse fenômeno auxilia no processo de atendimento de domicílios superlotados, assim como também, no realojamento desses moradores para abrigos comunitários em caso de eventos extremos que causem destelhamentos e alagamentos. 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 38: Pessoas residentes por setor censitário em Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2021.

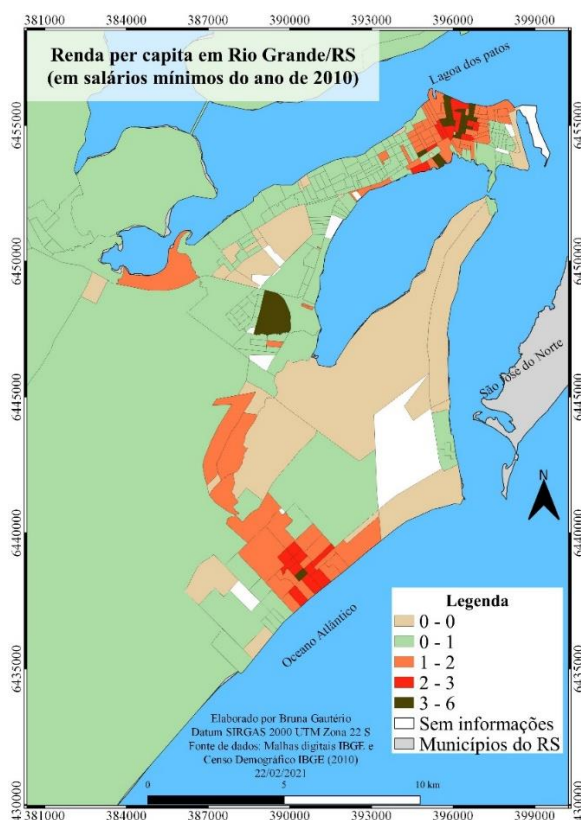
### 7.1.3. Renda per capita

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.

O IBGE disponibiliza em nível de SC “o total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes” para o ano de 2010. Através disso, obtêm-se o valor absoluto da renda média desses domicílios, mas é interessante analisar renda por pessoa residente dentro de um setor e comparar com as disparidades encontradas. A renda *per capita* estabelecida consiste em apresentar valores relativos à renda mensal por indivíduo em relação ao salário mínimo do ano de 2010.

Com isso, percebe-se, de forma visual através da Figura 39, que o município do Rio Grande conta com espaços isolados de renda *per capita* com valores elevados de 3 a 6 salários mínimos e espaços com 2 a 3 salários mínimos. 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. Essas 3 características conjuntamente demonstrarão a necessidade de pedido de auxílios aos órgãos da Defesa Civil em caso de eventos extremos. Os valores da renda *per capita* com mais de meio a um salário mínimo do total do rendimento nominal mensal de pessoas de 10 anos ou mais foram identificadas em uma média de R\$ 671,668 reais, sendo que o valor mínimo de salário encontrado foi de R\$ 0,00 reais e máximo de R\$ 3.041,02 reais.

Figura 39: Renda *per capita* em salários mínimos e por setor censitário em Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2021.

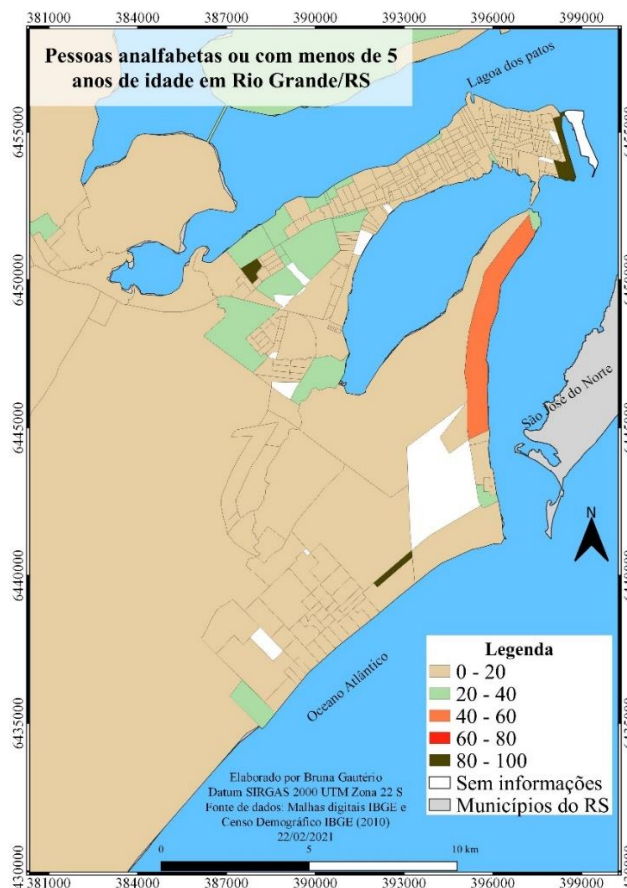


### 7.1.4. Analfabetismo

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.

O IBGE considera que as pessoas alfabetizadas são aquelas que são capazes de ler e escrever um simples bilhete em seu idioma. As pessoas analfabetas são caracterizadas como aquelas que aprenderam a ler e escrever, mas que por algum processo educacional esse ato não foi consistente ou aquelas que apenas conseguem escrever seu próprio nome. Com isso, têm-se os dados por SC dividido por idade de indivíduo, partindo dos 5 anos ou mais de idade como idade mínima de escrita e leitura de um bilhete qualquer. A Figura 40 representa a porcentagem dessa informação para o município do Rio Grande.

Figura 40: Porcentagem das pessoas analfabetas ou menores que 5 anos de idade por setor censitário em Rio Grande/RS.



Fonte: própria da autora, 2021.

Através disso, constata-se que 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. Os valores mais elevados de analfabetismo estão relacionados a zonas rurais e a bairros com pouca ou nenhuma pessoa residente.

#### **7.1.5. Domicílios com abastecimento de água**

Existem alguns fatores que compõem a infraestrutura urbana e que asseguram uma condição básica de subsistência de moradores de um determinado município. Essa configuração é ditada no artigo 6º do Plano Diretor Municipal (2008, p.2) “A função social da cidade, no Município do Rio Grande, corresponde ao direito à cidade, nele compreendidos os direitos a terra urbanizada, à moradia, à qualidade ambiental, à infraestrutura e serviços públicos, ao transporte coletivo, à mobilidade urbana e acessibilidade, ao trabalho, à cultura e ao lazer”.

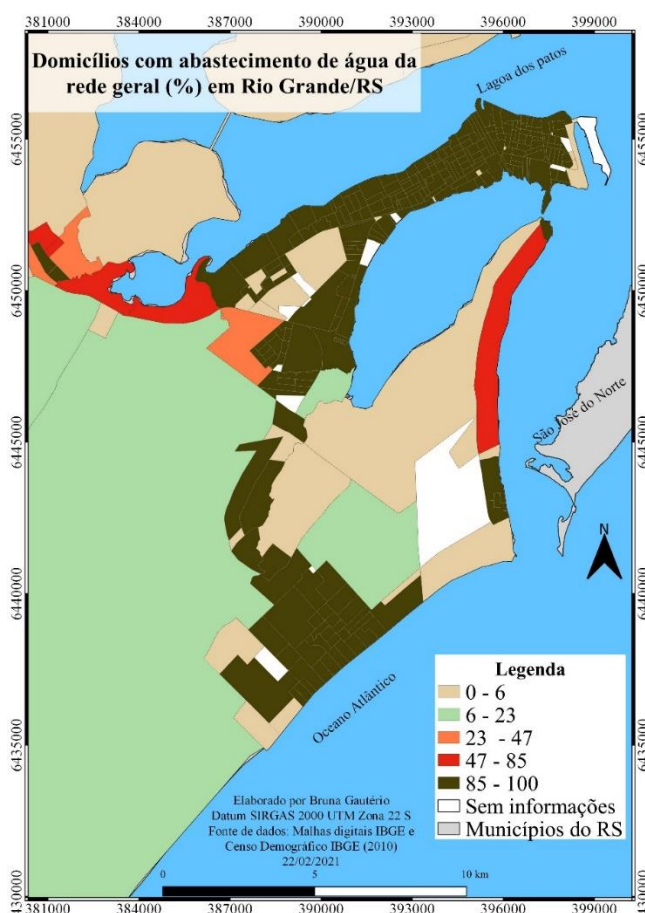
Através disso, os serviços de abastecimento de água, energia elétrica, coleta de lixo, esgotamento sanitário e presença de banheiro são algumas das variáveis que podem interferir na condição de moradia e subsistência social. Para o município do Rio Grande, foram espacializadas essas 5 variáveis citadas anteriormente com o intuito de identificar onde estão as pessoas mais vulneráveis em relação a esses requisitos básicos.

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. Essa situação está interligada com a perda de bens materiais, recomposição da cobertura de moradia, realojamento de famílias, auxílio com materiais de construção e/ou alimentícios e, por raras vezes, acidentes fatais. 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.

O abastecimento de água mapeado é de acordo com a forma que cada domicílio particular permanente é abastecido dentro do SC. A Figura 41 retrata a situação do abastecimento através da rede geral de distribuição, na qual é fornecida pela empresa pública Corsan desde 1877. 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, como por exemplo, o que o IBGE classifica como: poço ou nascente, água de chuva armazenada e outras formas.

Figura 41: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral por setor censitário em Rio Grande/RS (%).



Fonte: própria da autora, 2021.

Abastecimentos do tipo poço, nascentes ou outras formas, exceto a relacionada à rede geral, são comuns em zonas rurais devido a carência de infraestrutura nessas localidades. Segundo o IBGE (2010), cerca de 34% da população nacional sofre com a precariedade do abastecimento e atendimento de água potável no meio rural. Alguns fatores são preocupantes em relação a este cenário precário, como por exemplo, a disseminação de doenças por meio da água, a desigualdade socioeconômica e a falta de moradia regular.

O alto custo de materiais e bombeamento com energia elétrica, por parte de uma companhia de abastecimento, são alguns dos fatores que por muitas vezes inviabilizam o abastecimento de água. Porém, a falta de vontade do setor político também é um fator importante, pois não dispõe da devida atenção que a zona rural carece, como se essas

localidades não fizessem parte do município isentando a responsabilidade de saneamento dos mesmos.

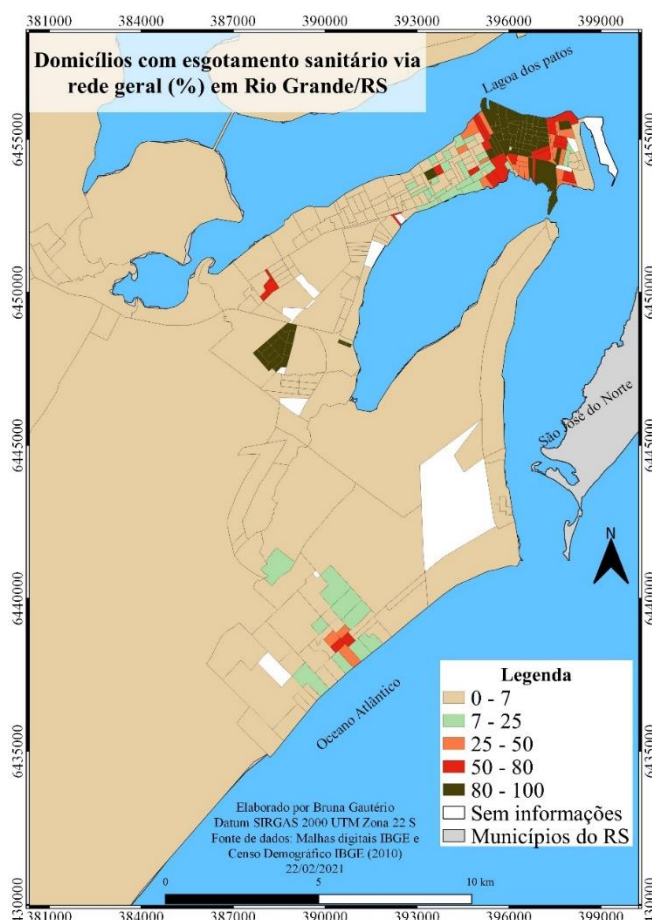
A desigualdade socioeconômica e a falta de moradia regular por muitas vezes fazem com que as pessoas migrem para áreas rurais ou ocupem de forma não regularizada as zonas marginalizadas, como por exemplo, no município do Rio Grande ao entorno dos recursos hídricos proporcionando uma fonte de captação e acesso a água. Essas áreas em especial contam com constantes episódios de inundações e enchentes tornando o ambiente vulnerável para moradia, acesso e uso da água não tratada.

#### **7.1.6. Domicílios com esgotamento sanitário**

O sistema de esgotamento sanitário também é exercido pela mesma empresa citada anteriormente e se encarrega de realizar o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”, segundo a Norma Brasileira (NBR) 9648 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1986). Porém, existem outras formas de despejo do esgotamento que podem comprometer a qualidade de vida de uma população, como por exemplo, fossa séptica, fossa rudimentar, vala, rio/lago/mar e outras formas (IBGE, 2010).

No saneamento básico municipal o esgotamento sanitário deve ser o mais adequado ambientalmente, pois ele é o determinante para não proliferar doenças e evitar a contaminação dos recursos hídricos e solos para a comunidade em geral. A Figura 42 mostra esse sistema para Rio Grande através da porcentagem de domicílios atendidos dessa maneira. Percebe-se que há uma enorme carência no abastecimento desse tipo de serviço, pois o mesmo 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.

Figura 42: Domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário via rede geral por setor censitário em Rio Grande/RS (%).



Fonte: própria da autora, 2021.

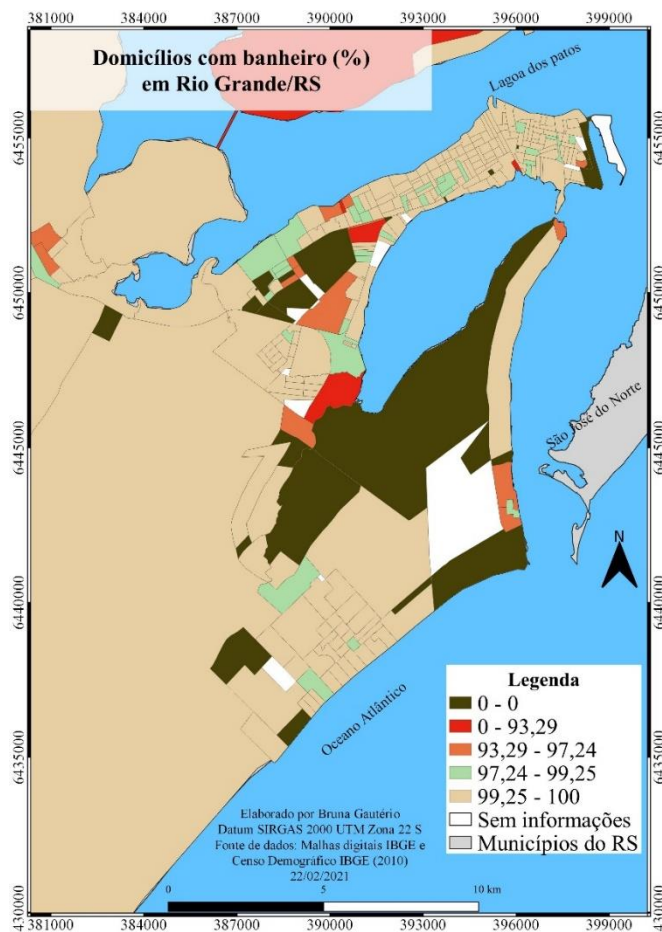
### 7.1.7. Domicílios com presença de banheiro

O banheiro é um importante espaço dentro de um domicílio, pois se encarrega de ser um dos emissores das necessidades fisiológicas, como a excreção, ao sistema de esgotamento. A falta desse cômodo interfere na saúde humana e pode causar morte devido à realização das necessidades em locais impróprios para tal. Através disso, percebe-se que a ausência de um banheiro pode interferir negativamente na vida de uma família, sujeitando-as a despejar seus dejetos na maioria das vezes ao ar livre na natureza com outros sistemas inadequados, como por exemplo, em uma vala.

O IBGE em 2010 considerava como banheiro “o cômodo que dispunha de chuveiro (ou banheira) e vaso sanitário (ou privada) e de uso exclusivo dos moradores, inclusive os localizados no terreno ou na propriedade”. A Figura 43 aponta que boa parte do município conta com a presença do cômodo de banheiro, apresentando valores de 0%

para algumas áreas em que em 2010 não eram habitadas ou áreas que em não poderia haver presença humana.

Figura 43: Domicílios particulares permanentes com presença de banheiro por setor censitário em Rio Grande/RS (%).



Fonte: própria da autora, 2021.

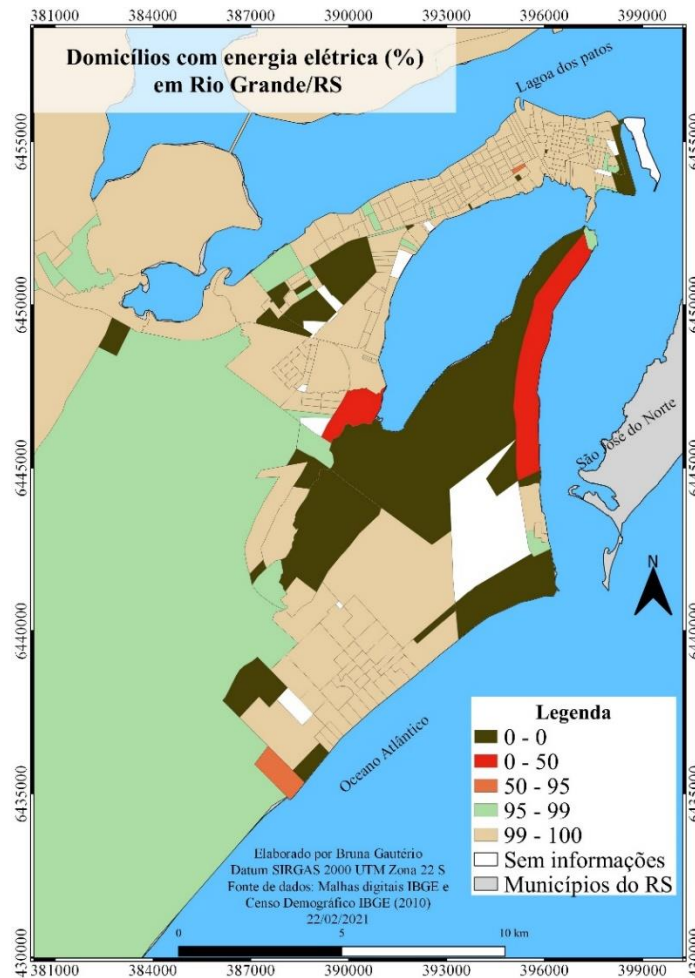
### 7.1.8. Domicílios com abastecimento de energia elétrica

O abastecimento de energia elétrica por domicílios em Rio Grande é realizado através da distribuidora denominada de Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul e também através de outras fontes, como por exemplo, energia eólica, solar ou geradores. O IBGE em 2010 pesquisou o quanto de domicílios eram abastecidos com energia elétrica no geral e essa variável foi utilizada para mapear o cenário do município do Rio Grande.

A Figura 44 demonstra que as taxas encontradas de abastecimento de energia elétrica para Rio Grande possuem um comportamento parecido com as taxas de presença de banheiros. Poucos setores censitários do município não possuem acesso ao abastecimento

de energia, coincidindo com os mesmos setores que não possuem banheiros, isso se justifica com a falta de presença de pessoas residentes nessas localidades. Esse cenário pode estar ligado ao fato de que a população residente que possui um cômodo dotado de chuveiro e/ou banheira também tenha acesso à energia elétrica para o funcionamento térmico dos mesmos.

Figura 44: Domicílios particulares permanentes com energia elétrica por setor censitário em Rio Grande/RS (%).



Fonte: própria da autora, 2021.

### 7.1.9. Domicílios com coleta de lixo

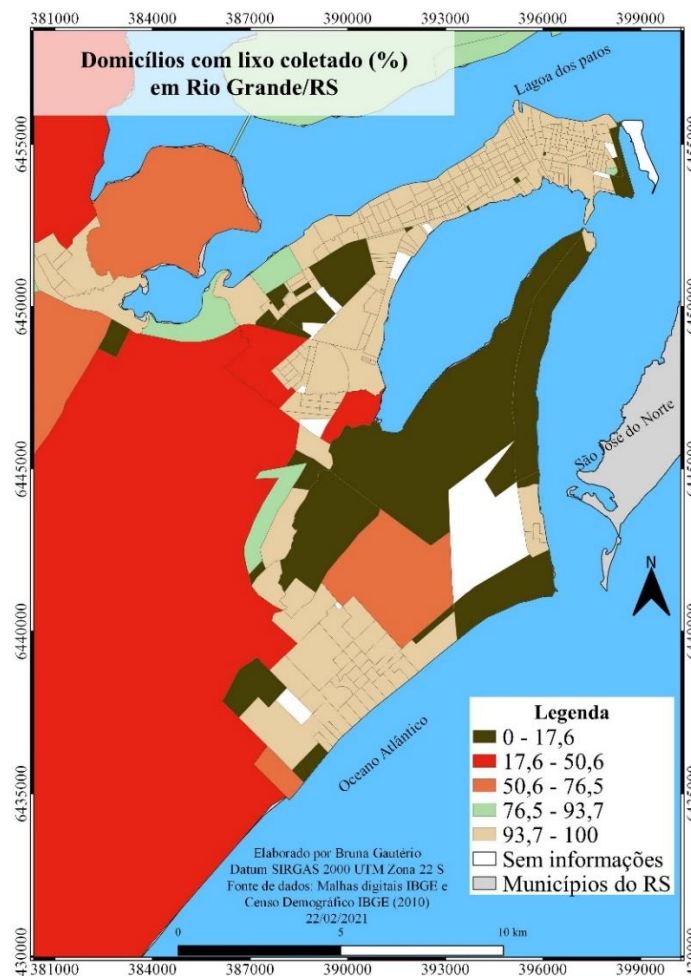
A última variável escolhida para compreender a vulnerabilidade social relacionada ao risco ambiental da precipitação de granizo é a do destino dos resíduos gerados pelos residentes dos domicílios. O lixo coletado, segundo o IBGE (2010), era considerado coletado diretamente por serviço de limpeza de uma empresa pública ou privada ou os depositados em caçamba ou tanque fora do domicílio para coleta posterior por um serviço de limpeza público ou privado.



A coleta do lixo e a limpeza urbana são funções essenciais para dar ao lixo um destino ambientalmente adequado, seja ele separado através de coleta seletiva ou não. O depósito inadequado do lixo pode desencadear focos de vetores e animais sinantrópicos que comprometem a saúde da população e também podem entupir locais de escoamento superficial da água causando alagamentos que deveriam ser sustentados pelo sistema de drenagem municipal.

A distribuição espacial do lixo coletado em Rio Grande pode ser observada na Figura 45. Ela apresenta que alguns setores censitários possuem até 18 domicílios com coleta de lixo, sendo que estes setores possuem cerca de 2 a 4 pessoas residentes por domicílio. A coleta mostra uma grande abrangência de atendimento aos domicílios localizados nos tecidos urbanos nos quais normalmente além de possuírem por serviço de limpeza, possuem caçambas e tanques para depósito dos mesmos.

Figura 45: Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por setor censitário em Rio Grande/RS (%).



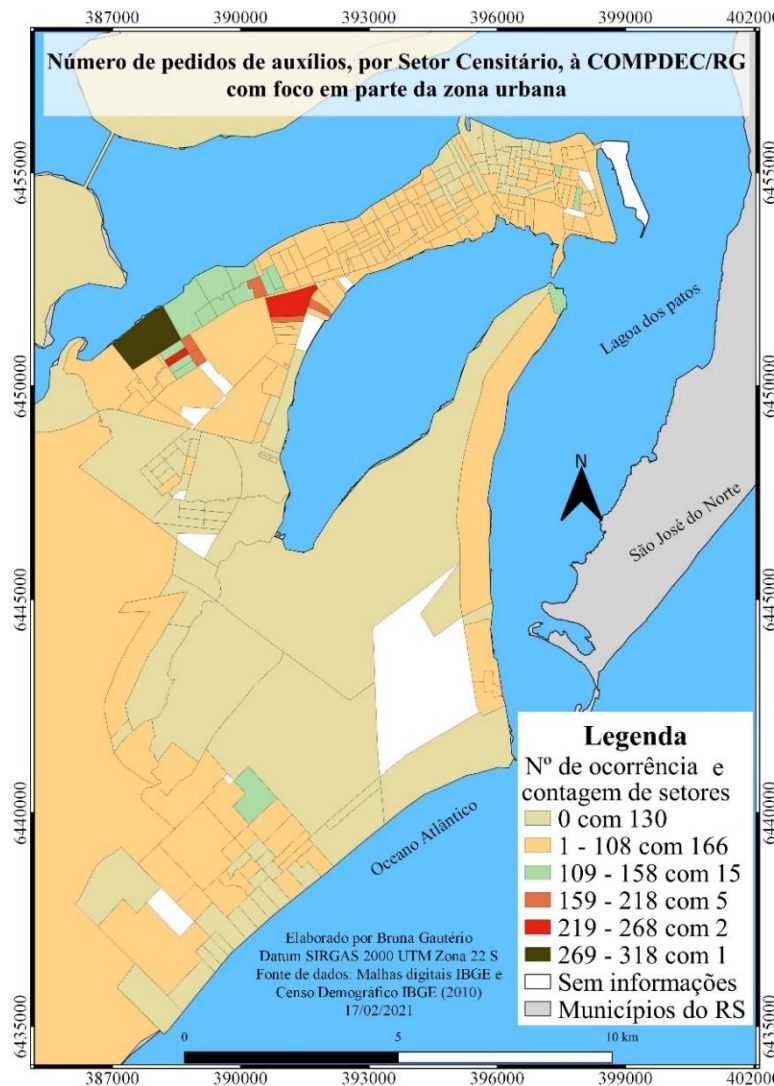
Fonte: própria da autora, 2021.



### 7.1.10. Pedidos de auxílio financeiro

A variável que caracteriza os pedidos de auxílios financeiro é oriunda de um levantamento realizado no ano de 2015 pelo órgão da Defesa Civil no qual atendeu as residências que realizaram os pedidos devido ao forte temporal de granizo que atingiu o município do Rio Grande (Figura 46). No ano de 2015, o prefeito encaminhou um ofício decretando o município como situação de emergência alegando que o levantamento aéreo apontava mais de 6.000 famílias atingidas, devido a passagem a atuação de uma instabilidade pré-frontal que atuou durante os dias 21, 22, 23 e 24 de setembro, intensificando através da chuva e os fortes ventos, os estragos já causados pelo granizo. A granizada ocorreu no dia 21, porém um novo episódio de granizo menos intenso ocorreu no dia 23.

Figura 46: Contagem de pedidos de auxílios financeiros à PMRG e COMPDEC/RG por Setor Censitário.



Fonte: própria da autora, 2021.

Os pedidos de auxílios financeiro foram agrupados em um relatório de famílias atingidas pelo temporal de granizo com nome do logradouro, número da residência e por bairro. O poder público se encarregou de cadastrar essas famílias para que as mesmas pudessem realizar o saque do fundo de garantida do tempo de serviço (FGTS) e com isso reestruturar suas residências danificadas pelo tempo severo.

A distribuição da contagem da concentração desses pedidos de auxílios, como mostra a imagem anterior, pode auxiliar em eventos futuros de temporal de granizo. Através deste cadastramento das famílias atingidas no ano de 2015 é possível utilizar essa base de dados para identificar quais são os bairros que mais solicitaram ajuda e quais devem ser atendidos com prioridade em situações de emergência.

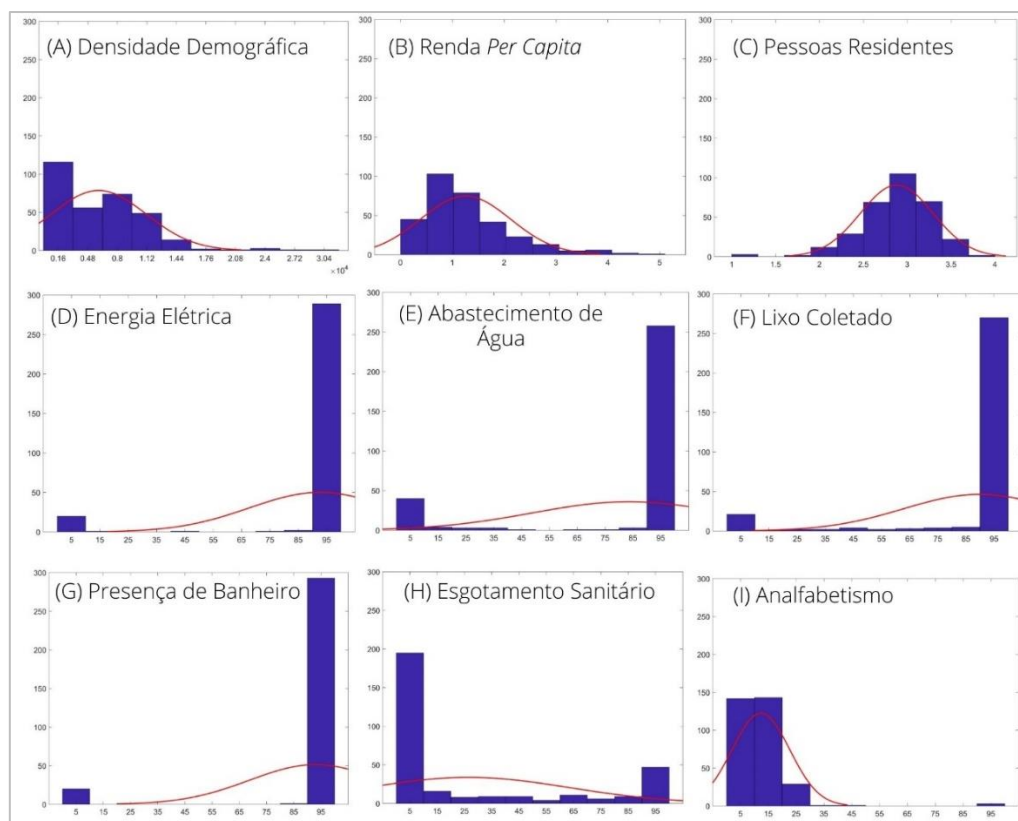
A distribuição espacial dos pedidos de auxílios está concentrada em 130 SC identificados com o não recebimento de pedidos, devido ao fato de que as pessoas residentes ou não foram realizar o cadastro para receber o FGTS ou não foram atingidas ou tiveram o pedido negado. Ademais, 166 SC caracterizados com no mínimo 1 (um) pedido de auxílio, abarcou boa parte da mancha urbana do município. Adicionalmente, cerca de 23 SC obtiveram mais de 100 pedidos de auxílios, 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.

## **7.2. Modos de classificações dos indicadores**

Os indicadores demonstrados no subcapítulo 6.1 foram submetidos a distribuição de frequência (Figura 47), gerando uma representação gráfica com as classes no formato de histograma e a representação da curva de uma distribuição de frequência normal. Possibilitando uma análise espacial e comparativa entre as variáveis que compõem o cálculo do índice de vulnerabilidade.

Figura 47: Distribuição de frequência da densidade demográfica (A), renda *per capita* (B), pessoas residentes (C), distribuição de energia elétrica (D), abastecimento de água (E), lixo coletado (F), presença

de banheiro (G), esgotamento sanitário (H) e analfabetismo (I) com os valores relativos de cada variável para determinar os intervalos de classes.



Fonte: própria da autora, 2021.

O indicador de densidade demográfica (Figura 47 A) 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* (B), pessoas residentes (C) e analfabetismo (I) 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. Ambos indicadores (C) e (I) possuem um valor extremos, fora da curva da normal, os quais representam um valor destoante 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 47 D), abastecimento de água (Figura 47 E), lixo coletado (Figura 47 F) e presença de banheiro (Figura 47 G). Porém, estes indicadores obtiveram um comportamento distinto

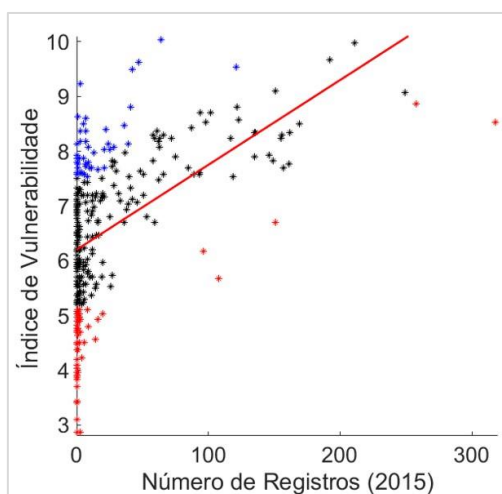
dos apresentados anteriormente, pois demonstraram assimetrias negativas concentrando à direita a moda do rol de dados, destacando que a maioria dos setores censitários contam com o fornecimento dos serviços destacados. Adicionalmente, as variáveis energia elétrica e Presença de banheiro apresentam valores 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 47 H) apresentou uma curvatura bem achatada próximo ao eixo X, mas com altas concentrações dos dados nas extremidades da curvatura. Demonstrando então que muitos setores censitários não são abastecidos com o esgotamento sanitário ambientalmente adequado e poucos setores recebem esse tipo de tratamento. A visualização do comportamento da distribuição das frequências dos indicadores apresentados anteriormente levou a escolha do modo de classe que melhor se adaptou para a reclassificação das variáveis, o modo de quebras naturais.

### 7.3. Índice de Vulnerabilidade

O mapeamento do índice demonstrou que houve certa coerência entre os registros da COMPED/RG, a verdade terrestre, e os dados oriundos do Censo IBGE, conforme aponta a Figura 48. 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.

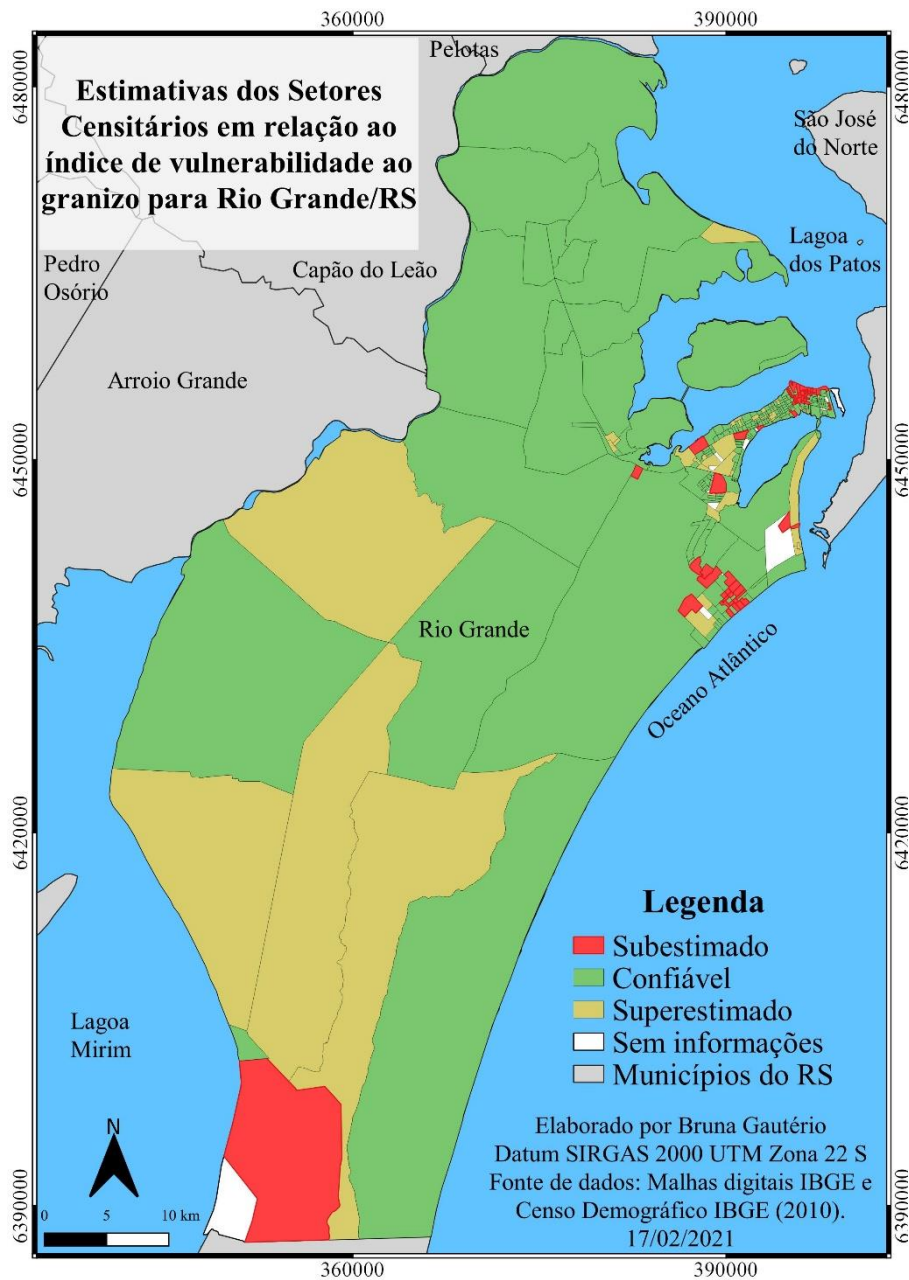
Figura 48: Valores subestimados em vermelho e valores superestimados em azul.



Fonte: própria da autora, 2020.

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 49) com o intuito de auxiliar na análise do resultado final essas localidades que geraram incertezas.

Figura 49: Setores Censitários destacados como subestimados e superestimados.



Fonte: própria da autora, 2021.

Ao analisar o mapa anterior, destacam-se 62 setores ao total como subestimados, com foco nos setores dos bairros Centro, Cassino e Bolacha, os quais fazem parte do distrito do Rio Grande considerado o mais povoado. Além de setores esparsos como na Vila da Quinta, no Jardim do Sol, no Distrito Industrial e aos arredores no bairro Junção. Acredita-se que estes setores tenham adquirido um caráter subestimado 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 financeiro e a resultante final do índice (ou podem estar relacionados a distribuição espacial da chuva de granizo não analisada neste trabalho).

Ao total, 45 setores foram destacados como superestimados, com foco nos setores que compreendem o distrito do Rio Grande, novamente o distrito industrial evidencia esse caso, bem como, o bairro Querência no Cassino, os arredores do Parque São Pedro, os Carreiros, o Humaitá e setores esparsos dentro dos bairros Cidade Nova, Hidráulica e Vila da Quinta. Acredita-se que a superestimação esteja vinculada ao fato de que os fatores de ponderação associados ao índice tenham demasiadamente elevado a expressividade da vulnerabilidade em relação aos pedidos de auxílios financeiro dentro destes setores. Dos setores caracterizados como confiáveis, têm-se um total de 212.

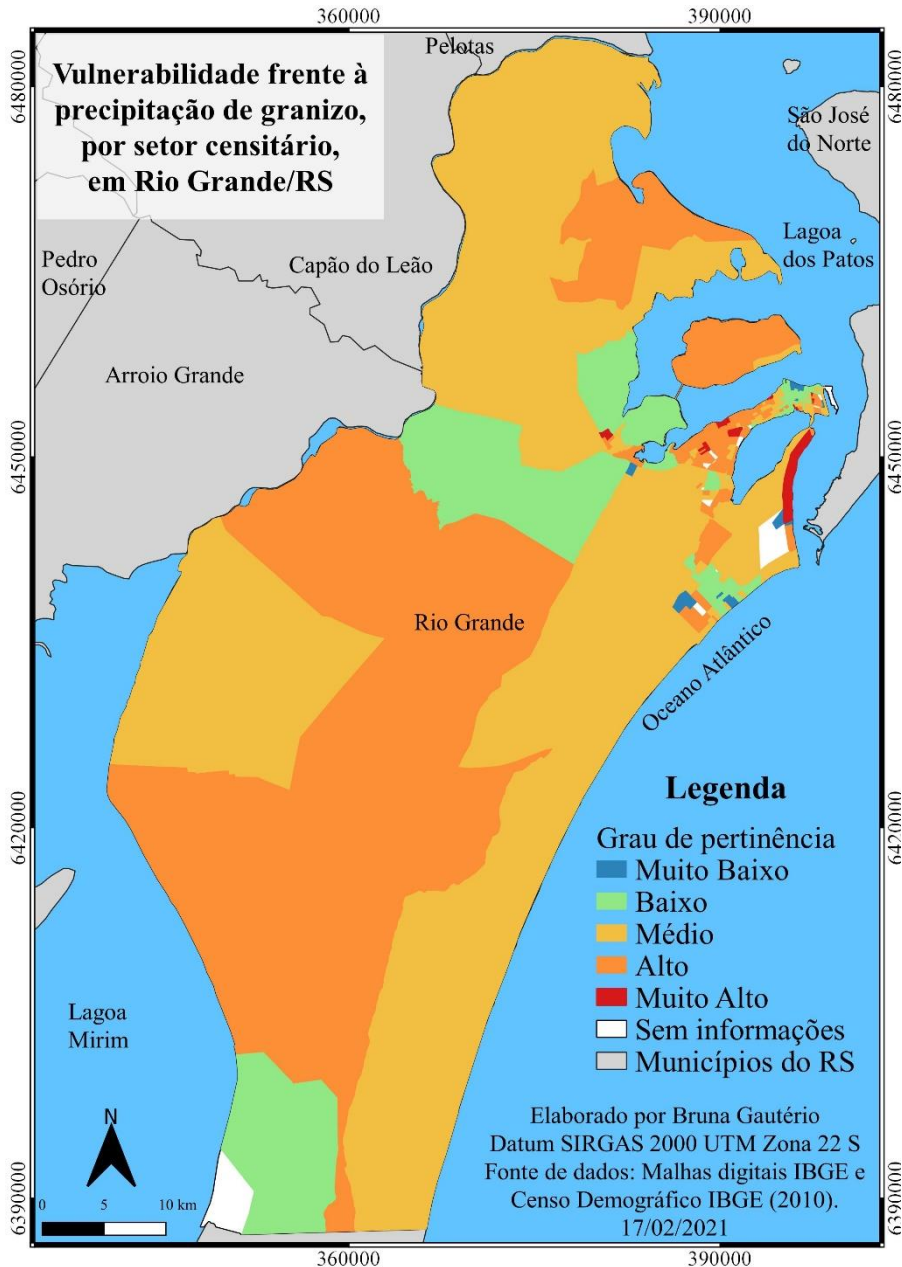
Ao obter-se o conhecimento das complexidades e fragilidades encontradas ao trabalhar com dados que envolvem a sociedade frente à desastres do tipo granizo para o município do Rio Grande foi elaborado o mapa do índice de vulnerabilidade (Figura 50). Essa espacialidade foi gerada com o intuito de compreender quais são as localidades do município que contém pessoas residentes mais vulneráveis a esse evento meteorológico e correm o risco ambiental 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 50, percebe-se que o setor do Distrito Industrial (porção leste) se destaca com um grau de pertinência muito alto, 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 quatro pessoas residentes por domicílio e 5 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 50: Índice de vulnerabilidade frente à precipitação de granizo.

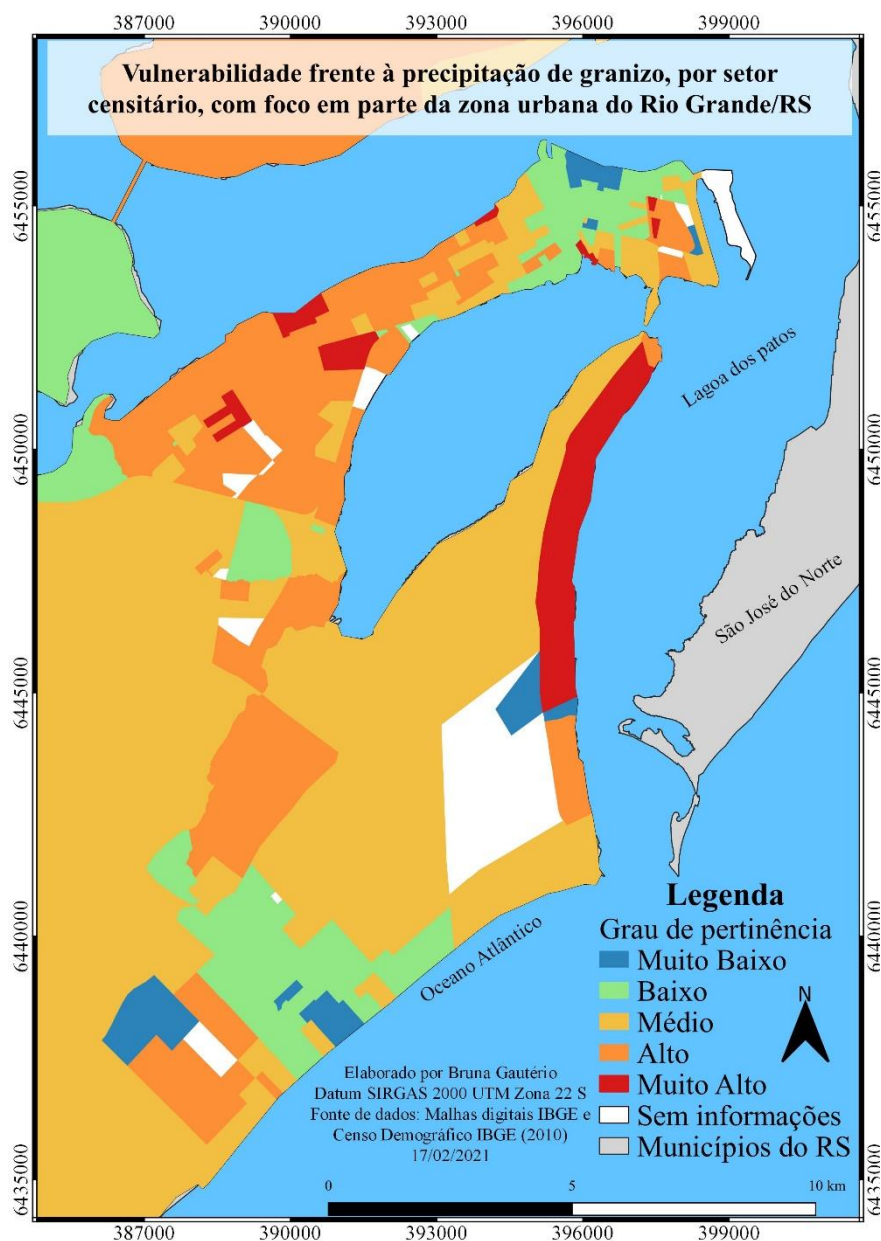


Fonte: própria da autora, 2021.



A fim de compreender melhor as particularidades da vulnerabilidade da área mais densa do município, distrito do Rio Grande, foi traçado um mapeamento com uma escala maior para observar maiores detalhamentos, conforme mostra a Figura 51.

Figura 51: Índice de vulnerabilidade frente à precipitação de granizo nas localidades mais povoadas do município.



Fonte: própria da autora, 2021.

Através da escala com maior detalhamento do índice por SC, observa-se que além do Distrito Industrial (porção leste) estar destacado como um grau ‘muito alto’ (em vermelho), 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.

Gonzaga et al (2019) demonstraram em um estudo específico sobre uma localidade à margem da Laguna dos Patos, inserida no bairro Cidade Nova, a vulnerabilidade à inundação para eventos ocorridos entre os anos de 1987 a 2017 e o tempo de recorrência desses eventos. Alguns logradouros dessa localidade possuem vulnerabilidades expressivas como, por exemplo, as ruas Marechal Deodoro da Fonseca até atingir a rua João Salomão, contando com 300 m de inundação, assim como também, a rua Padre Feijó também chega a atingir 150 m.

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.

Já na margem norte do município, Ferreira e Robaina (2012) destacam que o bairro centro é abrigado pelo Porto Velho quando ocorrem extravasamento da Laguna dos Patos, mas que cerca de 1,1 km entre a divisão do bairro centro e cidade nova (denominado de canaleta), há processos de inundações que normalmente atingem 50 m para o interior do continente, com exceção dos eventos extremos que alcançam 500 m. Com isso, entende-se que observar a ação de outros desastres como os alagamentos e inundações, auxiliam na compreensão da vulnerabilidade frente à precipitação sólida, visto que ela é acompanhada de temporais com altos índices pluviométricos e fortes ventos.

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 Laguna dos Patos, fazendo com que o perigo à inundação seja maior nesses locais.

Os setores identificados com vulnerabilidade muito alta, nas Figuras 50 e 51, 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’, obtendo a menor probabilidade de pedidos de auxílios financeiros serem solicitados, devido a ocorrência do granizo, destacadas com a coloração verde claro. Destacam-se na Figura 51 três pontos com altas densidades populacionais e ao mesmo tempo subestimados no índice, são eles: SC dos bairros Cassino, Jardim do Sol e Centro, além dos setores adjacentes. Essas localidades possuem alta renda *per capita*, o analfabetismo é quase nulo e o número de pessoas residentes oscila entre uma a 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, desses destacados anteriormente como nível ‘baixo’.

Além do mais, essas localidades estão inclusas em mais de 130 SC que não detectaram pedidos de auxílios à PMRG e COMPDEC/RG, conforme mostra a Figura 46.

A contagem de pedidos de auxílios por Setores Censitários determinou também a classe considerada como ‘muito baixa’ no índice, destacada através da coloração azul (Figura 50 e Figura 51). Estes poucos setores, 19 ao todo, estão situados nos bairros Cassino, Centro, Porto Novo, Distrito Industrial e Vila da Quinta, ambos compreendendo dois distritos diferentes do município. Boa parte desses setores também estão inclusos na contagem de não pedidos de auxílios financeiro à PMRG e 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.

A Figura 46 além de demonstrar a contagem de pedidos de auxílios financeiro à PMRG e COMPDEC/RG, também traz à tona os principais setores em que a granizada ocorreu de forma mais degradante. Demonstra também onde estão localizadas as pessoas que detinham o direito ao saque do FGTS, visto que esse dado foi adquirido através do cadastramento para tal, mediante comprovação do dano à residência. Percebe-se que apenas um setor foi responsável por realizar 318 pedidos de auxílios financeiro, 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.

Outros 22 setores também apontaram elevados pedidos de auxílios financeiro em áreas restritas como, por exemplo, é o que apresentam os setores dos bairros Marluz, Bernadeth, São Miguel, Castelo Branco, Profilurb, Getúlio Vargas e Mangueira, a maioria voltada à porção oeste do município. Além do dado apresentado do ano de 2015, houve 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 de quem socorre a população nesses momentos perigosos.

Ainda com números expressivos de pedidos de auxílios financeiro, estão outros 166 SC que compreendem desde 1 pedido até 108 pedidos. Esse e a classe anterior (zero), são os que mais destacam-se no município. Acredita-se que muitas 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 de 2015. E também, acredita-se que muitas residências são construídas com materiais de construção civil que suportam os possíveis danos oriundos da granizada.

Segundo Sfredo e Tagliani (2016), muitos ambientes naturais cederam espaço ao uso urbano, com isso ambientes que em 1947 eram caracterizados como campos arenosos, atualmente abrigam muitos bairros do município, a exemplo do bairro Getúlio Vargas, Lagoa, Hidráulica e entre outros. Ambientes de campos de vegetação rasteira (bairros Parque Marinha, Cassino, Querência, Barra etc), áreas alagáveis (bairro Lar Gaúcho/Navegantes) e áreas com dunas (bairros Mangueira, Carreiros, Aeroporto, Humaitá, Cassino, Distrito Industrial e entre outros) também foram ao longo do tempo dando espaço à urbanização rio-grandina.

A supressão desses ambientes naturais em Rio Grande, segundo Sfredo e Tagliani (2016), podem causar desequilíbrios ambientais e desregular as funções que cada ambiente é encarregado de cumprir como, por exemplo, a regulação hidrológica. Esses fatores são relevantes a medida em que se compreende que as populações se assentaram sob ambientes naturais que atualmente sofrem com sérios perigos devido a ocorrências de eventos extremos meteorológicos, tais como, inundações e alagamentos, eventos esses que podem ser precedidos de fortes granizadas.

A discussão do trabalho foi voltada à mancha urbana do município, visto que não houve registros de pedidos de auxílios financeiro, para o saque do FGTS, 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 as áreas rurais sofreram com os transbordamentos de arroios e banhados e não diretamente com a ação do granizo. Houve também registros pelo Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável do Rio Grande do Sul (EMATER/RS) de que o

município também sofreu danos e perdas nas áreas agrícolas, impactando a renda das famílias rurais.

Este trabalho vai de encontro com que Bissacot e Oliveira (2016) retrataram sobre os instrumentos de gerenciamento de riscos ambientais e vulnerabilidades em que espera-se o desenvolvimento de instrumentos automatizados, e nesse caso em ambiente SIG, com o intuito de minimizar a subjetividade de avaliações do ambiente e também com a obter a capacidade de mapear, classificar, priorizar e valorar financeiramente (aspecto não abordado nessa pesquisa) os riscos e as vulnerabilidades relacionadas a diversos aspectos ambientais e sociais.

O estudo realizado neste presente trabalho também é passível de contribuição para auxiliar no atendimento ao principal objetivo da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil a qual constitui a redução dos riscos de desastres. Adicionalmente, conversa com a condicionante da política em que se refere aos estratos populacionais menos favorecidos, os que apresentam maiores vulnerabilidades culturais, econômicas e sociais, como os atingidos de forma mais intensa pelos desastres (BRASIL, 2012). 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, de Britto e Kobiyama (2020), Alves e Rocha (2020), Lima e Bonetti (2018) e Serafim e Bonetti (2017).

## **8. Considerações Finais**

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 evitar 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.

Os relatos oriundos do órgão municipal é de que Rio Grande de tempos em tempos sofre com os efeitos de granizadas severas e também com efeitos resultantes de tempestades como, por exemplo, ventos fortes com destelhamentos, quedas de árvores, interrupção no fornecimento de energia elétrica, inundações de moradias e vias

urbanas/rurais devido a cheia da laguna e alagamentos devido ao alto volume pluviométrico. Diante disso, a população não lida somente com os efeitos dos conglomerados de gelo, pois eles estão associados com tempestades severas que desencadeiam outros tipos de desastres.

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.

A partir do momento que em os planejamentos socioambientais não são efetivos ou não trabalham com o máximo de aparatos e produtos tecnológicos em prol da sociedade, as famílias sempre serão resgatadas e realocadas para centros/salões comunitários e serão beneficiadas com lonas e telhas para amenizarem/resolverem seus problemas momentâneos.

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 resistentes ao granizo, com tipo de cobertura adequado, para famílias mais vulneráveis e entre outros aspectos que levam a população a suportar os eventos adversos que tornam-

se frequentes a medida que essa mesma população (em escala mundial) acelera os processos de mudanças climáticas e consequentemente de eventos meteorológicos extremos.

## 9. Referências

ABDN - Atlas Brasileiro de Desastres Naturais. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais Volume Rio Grande do Sul: 1991 a 2012**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. 2 ed. rev. ampl., Florianópolis: CEPED UFSC, 2013, 184p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Norma Brasileira 9.648 de 1986. Rio de Janeiro, 1986. 1-5p.

ABRAMOVAY, M., *et al.* **Juventude, violência e vulnerabilidade social na América Latina: desafios para políticas públicas**. Brasília, DF: UNESCO, BID, 2002, 1-45p.

ALVALÁ, R. C. S.; BARBIERI, A. **Desastres Naturais**. *In: Mudanças Climáticas em Rede: um olhar interdisciplinar*. [orgs.] Carlos A. Nobre e José A. Marengo. – São José dos Campos, SP: INCT, 2017. 203-230p.

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**, v.23, n.1, 2020, 107-128p.

ATLDC – Atlas do Censo Demográfico do IBGE 2010. **Glossário**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <[https://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/pdf/209\\_213\\_Glossario\\_ATLASDEMO%202010.pdf](https://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/pdf/209_213_Glossario_ATLASDEMO%202010.pdf)>. Acesso em 03 de fev de 2020.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1-325p.

BERLATO, M. A.; DE MELO, R. W.; FONTANA, D. C. **Risco de Ocorrência de Granizo do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.8, n.1, 2000, p. 121-132.

BISSACOT, T. C. C.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Instrumento para o Gerenciamento de Riscos Ambientais. *In: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.21, n.2, 2016, 227-232p.

BOLFE, É. L., *et al*; **A Evolução Histórica dos Sistemas de Informações Geográficas**. 1 ed. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. 1-20p.

BRASIL. Decreto-Lei nº 2.141 de 15 de Abril de 1940. **Constitui a lei que regulamenta a execução do recenseamento geral de 1940**. Congresso Nacional: Brasília, DF, ano 1940, p. 1-21, 03 fev. 2020.

BRASIL. Instrução Normativa nº 02 de 20 de Dezembro de 2016. **Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal**. Congresso Nacional: Brasília, DF, ano 2016, p. 1-23, 27 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de Setembro de 1965. **Constitui o Novo Código Florestal**. Congresso Nacional: Brasília, DF, ano 1965, p. 1-10, 29 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000. **Constitui a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Congresso Nacional: Brasília, DF, ano 2000, p. 1-14, 29 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.586 de 20 de agosto de 2008. **Constitui a lei que estabelece os limites do território municipal, e os limites, denominações e as sedes dos distritos do município do Rio Grande**. Prefeitura Municipal: Rio Grande, RS, ano 2008, p. 1-3, 03 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.084 de 22 de abril de 2005. **Constitui a lei que cria a Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde**. Prefeitura Municipal: Rio Grande, RS, ano 2005, p. 1-2, 03 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Congresso Nacional: Brasília, DF, ano 2012, p. 1-11, 28 de mar. 2021.



- CALDANA, N. F. da S. *et al.* **Precipitações de Granizo e os Impactos na Mesorregião Sudoeste Paranaense, Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física. v.12, n.04, 2019, p. 1327-1339.
- CAVALCANTI, I. F. DE A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 259-277p.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** 1 ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 1-35p.
- CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Capacitação em Gestão de Riscos.** 2ed. – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 1-44p.
- CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas: Uma Introdução à Geografia Física.** 9 ed. - Porto Alegre: Bookman, 2017. 1-105p.
- COBRADE – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. **Tabela de Classificação de Desastres.** 2012. Disponível em: <  
<https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2012/06/1.-Codifica%C3%A7%C3%A3o-e-Classifica%C3%A7%C3%A3o-Brasileira-de-Desastres-COBRAD2.pdf>>. Acesso em 20 de mar. de 2020.
- COSTA, M. A., *et al.* **Vulnerabilidade Social no Brasil:** conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília. Rio de Janeiro – IPEA, 2018. 81p.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **El Niño e La Niña - ENOS.** 2020. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 25 de mar. de 2020.
- CUNHA, G. R. da.; SCHEEREN, P.L.; SILVA, M. S. e. **Granizo e Cereais de Inverno no Rio Grande do Sul.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/granizo/granizo.pdf>>. Acesso em: 23 de out. de 2019.

DE CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. DE O.; RIO, G. A. P. **Riscos Ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas.** Anuário do Instituto de Geociências – Rio de Janeiro: UFRJ, v.28, n.2, 2005, p.11-30.

DEFESA CIVIL. **Avisos e Alertas.** 2015. Disponível em:  
<<http://www.defesacivil.rs.gov.br/avisos-e-alertas>>. Acesso em 25 de set de 2018.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Secretaria Especial de Políticas Regionais: estado de calamidade pública e situação de emergência em Municípios.** Brasília: DF, ano 1998, p. 1-1, 27 mar. 2020.

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. v.26, 2020, p. 220-232.

DOWN, K.; DOWNING, T. E. **O Atlas da Mudança Climática: o mapeamento completo do maior desafio do planeta; [tradução Vera Caputo].** – São Paulo: Publifolha, 2007. 1-39p.

DUMITH, R. C.; TELLES, R. M.; LUCAS, L. M. **Avanço de Depósitos Tecnogênicos no Suporte Geocológico do Município do Rio Grande (RS).** *In: Anais da VII Mostra da Produção Universitária - FURG, Rio Grande, 2008, p. 1-10.*

EGLER, C. A. G. **Risco Ambiental como Critério de Gestão do Território: uma aplicação à zona costeira brasileira.** Revista *Território*, v.1, n.1, 1996, p. 31-41.

ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica. **Estágios da Tempestade.** 2020.  
Disponível em:  
<<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/tempestades/evolucao.php>>. Acesso em 24 de mar. de 2020

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, 2011, p. 62-79.

FERRAZ, S. E. T.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. **Eventos Extremos de Tempo e Clima e Desastres Naturais.** *In: Temas atuais em mudanças climáticas para os ensinamentos fundamental e médio. [orgs.] Pedro Roberto Jacobi, Edson Grandisoli, Sonia Maria*

Viggiani Coutinho, Roberta de Assis Maia e Renata Ferraz de Toledo. – São Paulo: IEE – USP, 2015. 72-79p.

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, 2012, 445-462p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 160p.

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*. São José dos Campos – INPE, vol. 19, 2019, 1322-1325p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. C. **Processamento digital de imagens**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010, 1-150p.

GOULART, E. S.; CALLIARI, L. J. **Morfodinâmica da Zona de Arrebentação na Praia do Cassino em Eventos de Maré Meteorológica**. *Revista Abequa*, 2011, 1-5p.

GRIMM, A. M. **Clima da Região Sul do Brasil**. *In: Tempo e Clima no Brasil*. [orgs.] Iracema F. A. Cavalcanti *et al.* – São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 259-275p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual de delimitação dos setores de 2000**. XI Recenseamento Geral do Brasil. 2000. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/instrumentos\\_de\\_coleta/doc0210.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/instrumentos_de_coleta/doc0210.pdf)>. Acesso em 03 de fev de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do universo por setor censitário**. 2010, 201p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades - IBGE**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 24 de set de 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto LIT 2020**. 2020. Disponível em: <[https://www.lit.inpe.br/pt-br/projeto\\_lit\\_2020](https://www.lit.inpe.br/pt-br/projeto_lit_2020)>. Acesso em 25 de mar. de 2020.

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012, 3-21p.*

KRUSCHE, N.; SARAIVA, J.M.; REBOITA, M. **Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS.** Rio Grande, editora da UFSM, 2002, 75p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG;** [tradução Hermann Kux] – São Paulo: Oficina de Textos, 2009, 41-68p.

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, 2018. 120-138p.

LONGLEY, P. A., *et al.* **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica.** 3 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013, 351-423p.

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration. Cold & Warm Episodes By Season.* 1950 - present. Disponível em:  
<[https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)>  
. Acesso em 24 de mar. de 2020.

MACHADO, A. A. **Estudos dos Padrões Atmosféricos Sinóticos Geradores de Eventos Extremos de Altura de Onda, Intensidade de Vento, Marés Meteorológicas e Erosão na Costa do Rio Grande do Sul.** Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Rio Grande/RS, 2014, 1-100p.

MALTA, F. S.; COSTA, E. M. da; MAGRINI, A. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Ciência e Saúde Coletiva.** v.22, 2017, 3933-3944p.

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D. J. **Natural Hazards:** o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Revista Ambiente & Sociedade*, v.7, n.2, 2004, p. 95-109.

- MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos Sobre a Biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2006. 1-77p.
- MARTINS, S. F. **Cidade do Rio Grande**: industrialização e urbanidade (1873/1990). – 2ª ed. revisada e ampliada – Rio Grande: Ed. da FURG, 2016. 1-57p.
- METZ, A. J.; HENN, R.; SANTOS, M. D. F. dos. **Estudo de Impacto de Chuva de Granizo sobre Coberturas Residenciais com Telhas de Fibrocimento e de Materiais Reciclados**. X Salão de Ensino e de Extensão e XXV Seminário de Iniciação Científica. Universidade de Santa Cruz do Sul: RS. 2017. 1-1p.
- MOREIRA, L. L.; DE BRITTO, M. M.; KOBIYAMA, M. **Efeito do Uso de Diferentes Métodos de Normalização na Construção de Índices de Vulnerabilidade a Inundações**. *In*: II Encontro Nacional de Desastres – ABRHidro, 2020, 1-4p.
- MOTA, G. S. Da. **A Gênese do Risco Sob a Ótica das Dinâmicas Naturais e Humanas**: erosão costeira nas orlas urbanizadas de Águas Dulces/Uruguai e Hermenegildo/Brasil. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Grande/RS, 2017. 1-40p.
- 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*, v.10, n.2, 2010, p. 151-177.
- PALMA-SILVA, C., *et al.* Caracterização dos Ecossistemas Aquáticos Associados à Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. *In*: **Ambientes aquáticos do Rio Grande do Sul**: propostas alternativas para o ensino na educação básica. Organizado por MARTINS *et al.* – Rio Grande: [s.L.], 2012. 22-54p.
- PIRES, M. C. C. **Cartografia Histórica da Cidade do Rio Grande/RS**: expansão urbana e mudanças ambientais (1737/2017). Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Grande/RS, 2019. 141p.
- PNMC – Plano Nacional Sobre Mudança do Clima. **Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007**. Brasília: DF, 2008, 1-27p.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. **Banco de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2006, 1-30p.

RADAM/BRASIL. **Folha SH.22 Porto Alegre e Parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. – Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p.

REBOITA, M. S., *et al.* Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Revista Terra e Didática**, vol. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

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**, v.13, n.02, 2020, 767-781p.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011, 78-189p.

SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil**. Rio Grande: Ecoscientia, 1998, 1-73p.

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***, v.8, n.2, 2017, 36-54p.

SFREDO, G. A.; TAGLIANI, C. R. A. Análise das Modificações Ambientais Decorrentes da Ocupação Urbana em Rio Grande, RS, entre 1947 e 2014, por meio de um Sistema de Informações Geográficas. *In: **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente***. Paraná – UFPR, vol.38, 2016, 213-230p.

SICHE, R., *et al.* Índices Versus Indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Revista Ambiente & Sociedade**. v.10. n.2. Campinas – SP, 2007, 137-148p.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Editora da UNICAMP, 2003, 27-208p.

SILVA, T. da R. **Precipitação em Rio Grande - RS (1913 – 2016):** análise descritiva e da variabilidade. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Grande/RS, 2019. 90 p.

SIMIONI, J. P. D.; GUASSELLI, L. A. **Banhados:** abordagem conceitual. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul – Porto Alegre:RS. n.30, 2017, p. 33-47.

S2ID - Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres. **Relatórios de danos e prejuízos.** 2018. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em 25 de set de 2018.

TAGLIANI, P. R. A.; ASMUS, M. L. **Manejo Integrado de Estuário da Lagoa dos Patos:** uma experiência de gerenciamento costeiro no sul do Brasil. Rio Grande: Editora da FURG, 2011. 252 p.

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

TORRES, L. H. **História do Município do Rio Grande:** Fundamentos. Rio Grande: Pluscom Editora, 2015. 100p.

TORRES, F. T.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à Climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2017, 1-175p.

VALENTE, P. T. **Eventos Extremos de Precipitação no Rio Grande do Sul no Século XX a partir de Dados de Reanálise e Registros Históricos.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências. 2018. 100p.

VEYRET, I. **Os Riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. [trad. Dilson Ferreira da Cruz]. – São Paulo: Contexto, 2007, 1-79p.

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

VIEIRA, E. F.; RANGEL, S. S. **Rio Grande Geografia Física, Humana e Econômica.** Porto Alegre: Sagra, 1983, 158p.

VIEIRA, E. F.; RANGEL, S. S. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul**: geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica. Porto Alegre: Sagra, 1988. 1-66p.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul**: Gênese e Paisagem Atual. Notas Técnicas, Porto Alegre, v. 8, 1995, 14 p.

WMO – *World Meteorological Organization*. **The global climate 2011-2015**: heat records and high impact weather. 2016. Disponível em:  
<<https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2011-2015-hot-and-wild>>. Acesso em 24 de set de 2018.