

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO SUSCETÍVEL ÀS INUNDAÇÕES NA CIDADE DO ALEGRETE/RS

Romario Trentin¹
Daniel Junges Menezes²
Luís Eduardo de Souza Robaina³

Resumo: Alegrete está entre os municípios do Rio Grande do Sul com grande recorrência de inundações na sua área urbana alocada às margens do rio Ibirapuitã. O conceito de vulnerabilidade remete à desigual exposição às ameaças, sendo as classes mais empobrecidas economicamente, que ocupam residências de mais baixo padrão e em terrenos mais expostos aos processos perigosos, aquelas mais afetadas. Para análise da vulnerabilidade das áreas afetadas por processos de inundação na área urbana de Alegrete, foram consideradas características dos usos e atividades expostas, padrão das construções, além de informações socioeconômicas da população. Há uma grande significância entre distribuição da vulnerabilidade e tempos de retorno, em que a população mais vulnerável está sujeita a maior frequência de inundações. Contabiliza-se que 52% da população afetada por inundações em tempos de retorno igual ou inferior a cinco anos, está associada a um índice de vulnerabilidade, alta e muito alta.

Palavras-chaves: inundações; Alegrete; vulnerabilidade; desastres.

VULNERABILITY ANALYSIS OF THE SUSTAINABLE POPULATION TO FLOODING IN THE CITY OF ALEGRETE / RS

Abstract: Alegrete is among the Rio Grande do Sul municipalities with great recurrence of floods in its urban area allocated to the banks of the Ibirapuitã river. The concept of vulnerability refers to unequal exposure to threats, with the most economically impoverished classes occupying lower standard residences on more exposed land being the most affected. In order to analyze the vulnerability of the areas affected by flooding processes, the characteristics of the exposed uses and activities, building pattern, and socioeconomic information of the population were considered. There is great significance between vulnerability distribution and recurrence, where the most vulnerable population is subject to the highest frequency of flooding. It is reported that 52% of the flood-affected population in return times of 5 years or less is associated with a high and very high vulnerability index.

¹ Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Email: romario.trentin@gmail.com

² Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e geógrafo da Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União - Ministério da Economia (DF). Email: danieljunges@hotmail.com

³ Professor Titular do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Email: lesrobaina@yahoo.com.br

Keywords: floods; Alegrete; vulnerability; disasters.

INTRODUÇÃO

Como resultado da transformação técnico-industrial e a mercantilização em todo o mundo, a natureza foi incluída no sistema industrial e, ao mesmo tempo, tornou-se um pressuposto insuperável do modo de vida no sistema industrial. O reverso da *natureza socializada* é a socialização da destruição da natureza, a sua transformação em ameaças sociais, econômicas e políticas (BECK, 1992, p.14).

Mudanças climáticas e desequilíbrios ambientais ocorridos em diferentes escalas, somadas às estruturas econômicas e sociais excludentes e desiguais, também têm contribuído para o aumento do número de desastres e para a intensificação de suas consequências. Nesta perspectiva, o aumento do número de desastres naturais, assim como o incremento da magnitude e de suas consequências estão profundamente associados a circunstâncias de ocupação do espaço.

Tal conjuntura torna-se inegável quando observadas as áreas de risco associadas às inundações, uma das mais frequentes tipologias de desastres naturais. Conforme apontam os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC-CEPED, 2012), as inundações corresponderam a 33% das ocorrências de desastres naturais registradas no país, superadas apenas por desastres associados às estiagens e à seca, sendo contabilizados dados desde 1991 até o ano de 2010.

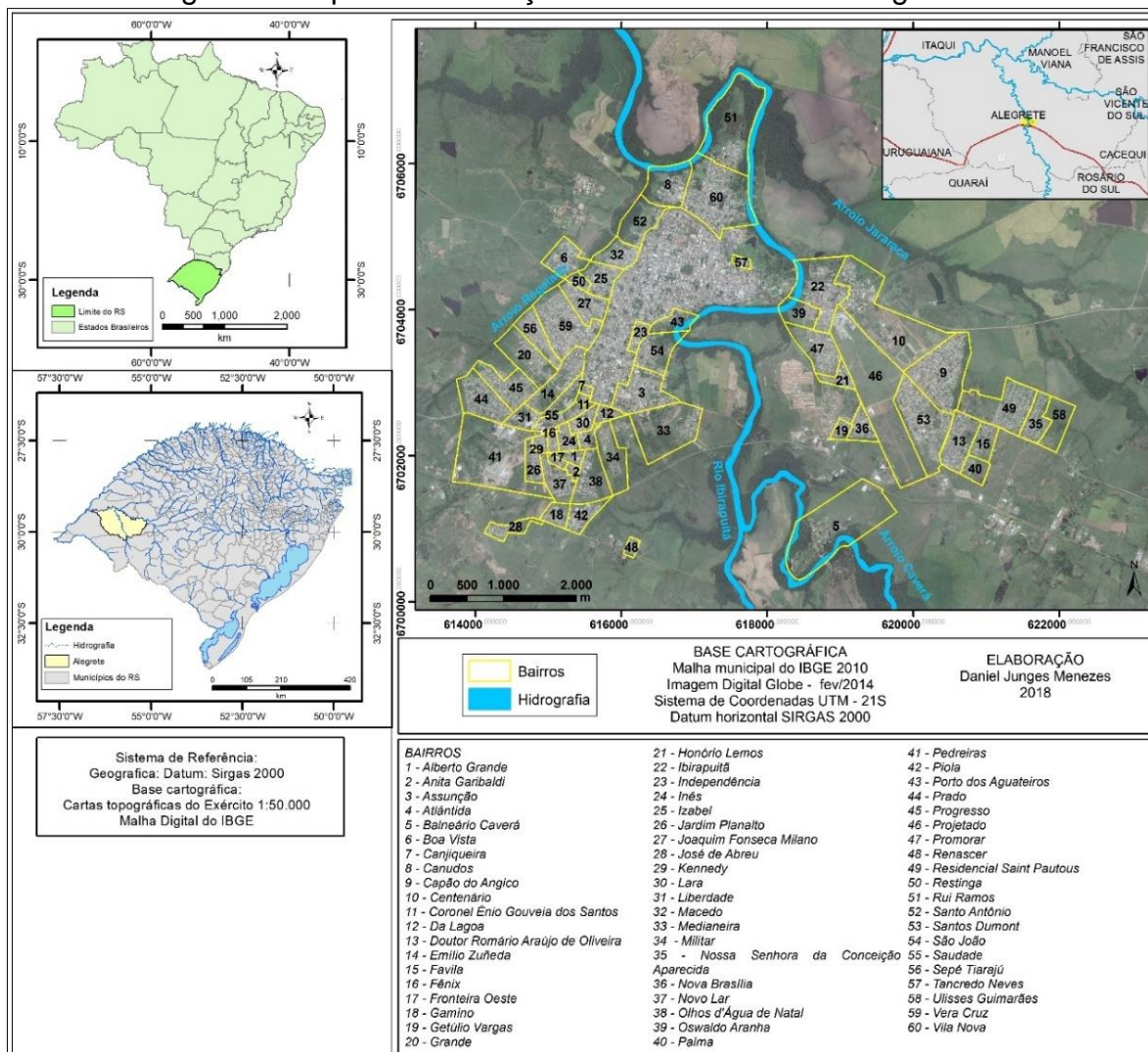
A dimensão e intensidade dos eventos são diferentes em contextos diversos, como o nível de aceitação, a adesão às medidas de mitigação e a capacidade de intervir na gestão, são igualmente diversas (FIGUEIREDO et al., 2004). Logo, estudos de vulnerabilidade da população fazem-se fundamentais na análise dos riscos de inundação.

Dentre os municípios gaúchos que apresentam uma grande recorrência de inundações, está o município de Alegrete (RECKZIEGEL, 2007; BRITO et al., 2011; MENEZES e SCCOTI, 2013; SAUSEN e REIS, 2013). Considerando-se somente o período entre 1980 e 2010, Menezes e Scoti (2013) apontaram 39 registros, sendo que 22 dos 30 anos analisados são marcados pela ocorrência de inundações.

Este artigo apresenta uma análise da vulnerabilidade da população sujeita a inundações no município de Alegrete, localizado no oeste do Rio Grande do Sul, com a área urbana posicionada no médio curso do rio Ibirapuitã junto as suas margens. A localização da antiga vila deu origem ao atual distrito sede, que corresponde à área urbana do município de Alegrete, constituído por 60 bairros (Figura 1).

Quanto aos aspectos populacionais, o município de Alegrete apresenta, como característica marcante, o elevado grau de urbanização. De acordo com informações do último censo demográfico do IBGE, da população total de 77.653 habitantes, 69.594 desse montante vivem em situação urbana e 8.059 vivem em situação rural, indicando uma taxa de 90% de urbanização.

Figura 1. Mapa de localização da área urbana de Alegrete/RS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2015

CONCEITOS E ABORDAGENS

A vulnerabilidade determina a intensidade dos danos que produz a ocorrência real de um perigo para a comunidade (ROMERO e MASKREY 1993). Para Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, a vulnerabilidade reflete o nível de insegurança intrínseca de um cenário frente a um evento adverso determinado.

Segundo Veyret (2007), o conceito de vulnerabilidade remete à desigual exposição às ameaças. Um grupo vulnerável é aquele que, exposto a determinado fator de perigo, não tem o poder de antecipação, resistência ou recuperação diante dos impactos desses derivados, estando essa situação associada a mudanças do ambiente e rupturas nos sistemas de vida.

Quando se faz a análise da conjuntura dos desastres, fica evidente que as classes mais empobrecidas economicamente são as mais afetadas. Assim, os mais pobres sofrem mais profundamente as consequências, em função de seu status socioeconômico e extenuação de alternativas e recursos (capacidade organizacional e/ou negociação), que dificultam a sua rápida recuperação (MOREIRA, 2009).

Desse modo, a vulnerabilidade procura traduzir as consequências previsíveis de um fenômeno natural sobre o homem e a sociedade, sendo variável de acordo com circunstâncias socioeconômicas, diferenciando-se dentro de um determinado país, região, estado, cidade, assim como em cada assentamento urbano (ROBAINA e TRENTIN, 2013).

A vulnerabilidade (ou ainda diferentes componentes de vulnerabilidade) de uma população depende das características físicas das residências, falta de saneamento, nível de renda baixa, ausência ou ineficácia de políticas públicas, a sua preparação e resiliência e ainda elementos culturais, ideológicos ou educacionais, que dificultam a apreensão dos desastres (ROMERO; MASKREY, 1993; FLORES, 2006; BRASIL, 2010; UFSC-CEPED, 2012).

Diagnósticos realizados por meio dos trabalhos de campo, onde são avaliados os usos atribuídos às edificações e o padrão geral delas, são utilizados nos trabalhos de Saueressig (2013), Robaina et al., (2013) Trentin et al. (2013) e Menezes (2014), Ávila (2015), considerando-se as particularidades de cada município.

Sob perspectiva de padronização de uma medida, considera-se a vulnerabilidade (de 0 a 1) para cada tipo específico de perigo e para cada elemento específico em risco. Da mesma maneira, Julião et al. (2009) caracterizam a vulnerabilidade como expressão do grau de perdas e danos associados aos elementos expostos (0 a 1), sendo que quanto maior o grau, maior a vulnerabilidade.

No que tange à obtenção de variáveis e sua disponibilidade por recortes espaciais, no Brasil, os dados do Censo Demográfico têm sido muito utilizados na análise da vulnerabilidade socioeconômica como nos trabalhos de Goerl et al (2012) e Barros et al (2015).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise de tempos de retorno das inundações, estabelecida a partir da série histórica de cotas do rio Ibirapuitã, permitiu hierarquizar a ocorrência conforme a probabilidade cumulativa e consequente probabilidade de excedência, sendo então estimados os valores entre 0 a 1 para ocorrência de inundações (onde 1 é a probabilidade máxima de ocorrência e 0, a de não ocorrência). Esses índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno (TR) em anos: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos.

As curvas de nível, a hidrografia e o limite da área urbana foram obtidos junto ao setor de topografia da Prefeitura Municipal de Alegrete, disponibilizados na extensão dwg, convertido para o formato shapefile e atribuído sistema de coordenadas métricas (UTM) e projeção no datum horizontal SIRGAS 2000 aos arquivos.

O levantamento planialtimétrico foi realizado durante os trabalhos de campo, em que foram percorridas áreas adjuntas ao rio Ibirapuitã e seus tributários, os arroios Regalado, Jararaca e Caverá, totalizando a coleta de aproximadamente 150 pontos utilizando os receptores GNSS Ruide R90T (precisão horizontal de 5 mm + 0,5 ppm e precisão vertical de 10 mm + 0,5 ppm, quando pós-processado) e Promark 3 – Ashtech (precisão horizontal e vertical de 5 mm + 1 ppm, quando pós-processado).

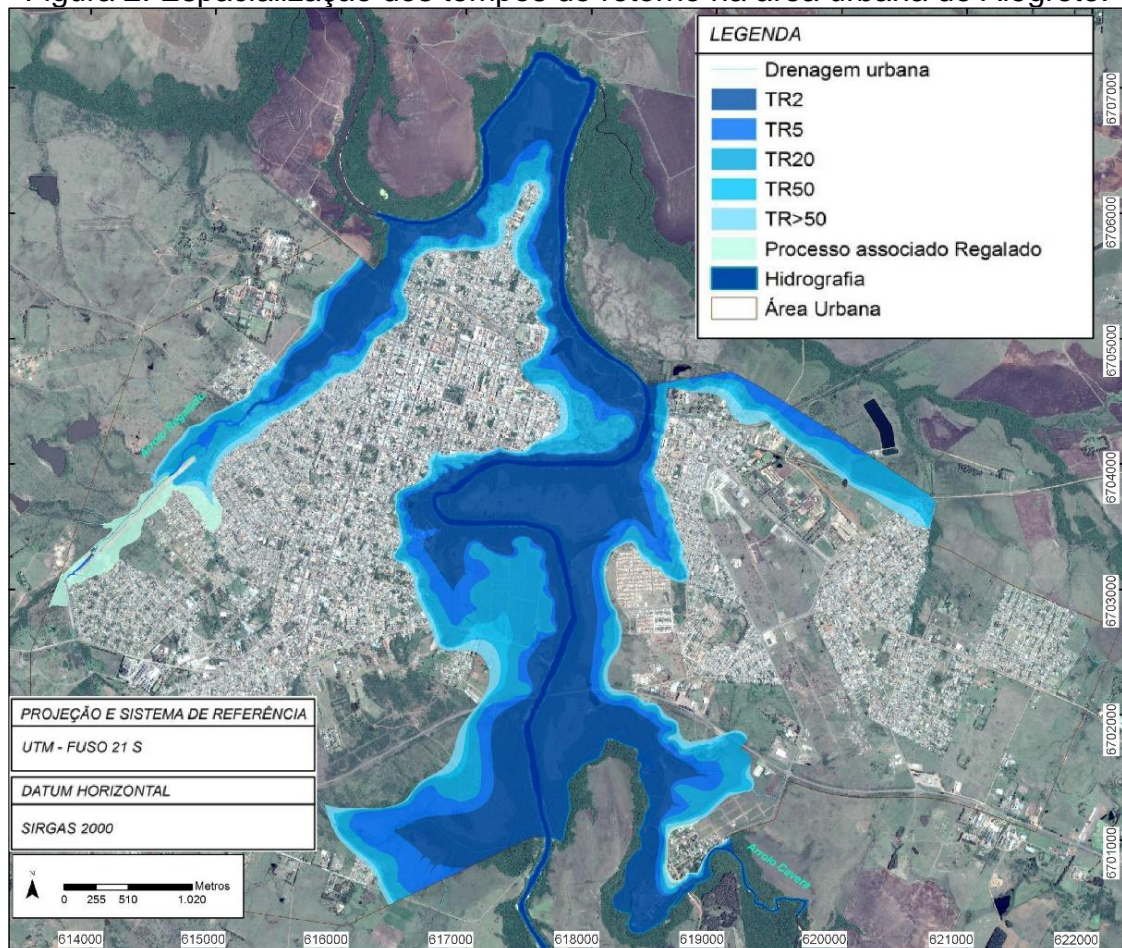
A etapa seguinte consistiu no pós-processamento dos pontos coletados, a partir do software GNSS Solutions® (V. 3.80.8) – (ASHTECH, 2016), licenciado para o Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM. A estação base utilizada para o pós-

processamento dos pontos foi a estação de Alegrete/RS (RSAL, Código Internacional 94048), localizada nas coordenadas $-29^{\circ}47'22,0036''S$ e $-55^{\circ}46'7,8230''W$, altitude elipsoidal de 117,21 m e altura ortométrica de 105,22 m, fazendo parte da Rede Inbra de Bases Comunitárias do GNSS – RIBaC.

O MDT foi gerado a partir do interpolador Topo to Raster, disponível no ArcToolbox do software ArcGIS® (Arc Map 10.1), desenvolvido pela (ESRI, 2012), licenciado para o Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM. A análise da dinâmica espacial das inundações deu-se a partir da projeção dos níveis d'água sobre o modelo digital do terreno, estabelecendo uma relação entre cota registrada no rio e cota altimétrica no terreno modelado, sendo, então, estimadas as áreas atingidas e estabelecidas como suscetíveis à inundação

Estabelecido o levantamento altimétrico, obtido modelo digital do terreno da área urbana de Alegrete e definida a associação das cotas do rio Ibirapuitã com cotas respectivas altimétricas, foi possível espacializar as inundações projetadas sobre o terreno modelado, considerando-se diferentes magnitudes e frequências, como pode ser observado no mapa da figura 2.

Figura 2. Espacialização dos tempos de retorno na área urbana de Alegrete.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

O zoneamento das áreas de perigo de inundação foi realizado utilizando as imagens de satélites obtidas gratuitamente a partir do aplicativo SAS Planet, sendo exportadas imagens GeoEye, datadas de agosto de 2016 e fevereiro de 2018, com resolução espacial de 0,5 metro, já mosaicas e georreferenciadas no sistema de

coordenadas UTM – 21S. A obtenção de um arquivo de estrutura vetorial deu-se por meio da criação de poligonais, utilizando-se as ferramentas de vetorização e edição disponíveis no software ArcGIS 10.1 (Esri, 2012).

A presença de dinâmicas diferentes em função de critérios espaciais, geomorfológicos e intervenções estruturais, permitiu apontar duas grandes tipologias de dinâmica hídrica que causam eventos adversos na área urbana de Alegrete: Processo Ibirapuitã/tributários, passível de análise em função das cotas linimétricas, e com grande abrangência espacial; Processo Regalado/médio-alto curso, que é mais restrito em termos de área e recorrência.

Desse modo, os processos de inundação do rio Ibirapuitã foram divididos em sete trechos, a serem citados: trecho meandro Norte, trecho meandro Oeste, trecho meandro Leste, trecho Sul, trecho Caverá, trecho Jararaca e trecho Regalado/baixo curso. Essa distinção de trechos teve o intuito de melhor compreender as dinâmicas e processos, assim como permitiu a apresentação mais detalhada dos resultados da pesquisa, sob ponto de vista espacial.

Para análise da vulnerabilidade das áreas afetadas por processos de inundação na área urbana de Alegrete, foram consideradas características dos usos e atividades expostas, padrão das construções, além de informações socioeconômicas da população. A estimativa de um índice de vulnerabilidade foi estabelecida em função de três grupos de informações, que variam quanto à origem, representação espacial e método de obtenção, a serem detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações utilizadas para análise da vulnerabilidade.

Tipo	Fonte	Abrangência espacial	Variável de vulnerabilidade	Classe vetorial
Secundária	Censo do IBGE – 2010	Setores censitários	Renda per capita por número de salários-mínimos por domicílios	Polígonos
Secundária	Cadastro Alegrete “Geo Alegrete”	Lotes cadastrados na escala 1:2000	Tipo de uso/padrão das edificações	Pontos
Primária	Levantamento de Campo e vetorização de feições via interpretação de imagens orbitais	Edificações afetadas	Tipo de uso/padrão das edificações	Pontos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

Disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o arquivo “Base de Informações por Setores Censitários” de cada Unidade da Federação está subdividido em 18 (dezoito) planilhas. Foram selecionados 51 setores, cuja área intercepta porções sujeitas a inundações, do total de 129 setores que configuram o censo para a área urbana de Alegrete. Dentre o conjunto de variáveis disponíveis, foram selecionadas as variáveis de renda per capita, estratificadas por faixas de salário-mínimo, tendo, como unidade de quantificação da variável, o número de domicílios, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Informações utilizadas para análise da vulnerabilidade socioeconômica obtidos pela análise dos setores censitários

Variáveis	Descrição
V005	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/8 salário-mínimo.
V006	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/8 a 1/4 salário-mínimo
V007	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/4 a 1/2 salário-mínimo
V008	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário-mínimo
V009	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários-mínimos
V010	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 2 a 3 salários-mínimos
V011	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 3 a 5 salários-mínimos
V012	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 5 a 10 salários-mínimos
V013	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 10 salários-mínimos
V014	Domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita

Fonte: IBGE (2010) e organizado pelos autores, 2018

Para a quantificação dessa relação, foi realizada uma reorganização das variáveis para cinco classes, atribuindo-se pesos em relação à importância para definir a vulnerabilidade de cada classe, variando de baixa importância indicada pelo valor 0,2 até muito importante, definida pelo valor 1, conforme o Tabela 3.

Tabela 1. Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade socioeconômica por dados obtidos dos setores censitários

Variável	Agrupamento/Descrição	Peso em relação à vulnerabilidade
V014, V005, V006, V007	Percentual de domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita ou com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário-mínimo.	1
V008	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário-mínimo	0,8
V009	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários-mínimos.	0,6
V010	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 2 a 3 salários-mínimos.	0,4
V011, V012, V013	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 3 salários-mínimos.	0,2

Fonte: IBGE (2010) e organizado pelos autores, 2018

O cálculo baseou-se no percentual de domicílios em cada uma das classes de renda, multiplicado pelo respectivo peso, sendo o somatório dos percentuais ponderados, o índice de vulnerabilidade para o setor (V_s), conforme a fórmula da Equação 1.

$$V_s = \sum (\%)1 + (\%)0,8 + (\%)0,6 + (\%)0,4 + (\%)0,2 \quad \text{Eq.1}$$

A partir dessa relação, foi estabelecido um índice que pode variar de 0,2 a 1, sendo que quanto maior a vulnerabilidade mais próxima de 1. Não foi ponderado o valor “0”, pois se entende que todos os domicílios em áreas inundáveis apresentam alguma vulnerabilidade diante do processo.

O segundo critério a ser considerado na análise da vulnerabilidade foi condicionantes de uso e ocupação, que podem representar maiores ou menores danos diante das inundações e complementam o indicativo obtido por meio das variáveis de renda. As tipologias de uso foram, inicialmente, discretizadas em uso residencial, uso comercial/serviços.

Em complemento a essas categorias, foram obtidas mais duas classes de uso que são consideradas agravantes quanto à vulnerabilidade, denominadas moradias de baixo padrão e especiais. A atribuição dos valores para a vulnerabilidade em função do uso foi denominada “Vus” e deu-se considerando-se que os valores e respectivas grandezas ajustam-se aos distintos graus de vulnerabilidade à inundação da área de estudo.

Foram atribuídos valores que variam pelo grau de importância relativo para definir a vulnerabilidade variando de 1 a 0,5 para cada categoria. Desse modo, foi aplicado um valor de vulnerabilidade para cada tipo de uso e ocupação (TABELA 4).

O maior valor de vulnerabilidade foi atribuído para tipologia de uso residencial, tendo em vista que os danos são mais severos à população, que tem suas moradias atingidas pelas águas, em relação a comércio e serviços. Dessa tipologia, definiu-se maior vulnerabilidade para as residências de baixo padrão construtivo, definido pelo material e forma de construção, assim como forma desordenada da ocupação.

Tabela 2. Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade por setores de uso e ocupação das áreas.

Categoria	Agrupamento/Descrição	Peso em relação à vulnerabilidade
Residencial	Uso residencial formado por moradias regulares e urbanização ordenada ou semi-ordenada.	0,75
Comércio e serviços	Edificações destinadas a serviços e comércio, públicas ou privadas.	0,5
Residência de baixo padrão	Associadas a ocupações irregulares construídas pelos próprios moradores de maneira rústica e com a presença de um ou dois cômodos. Padrão urbano desordenado.	1
Especial	Serviços públicos de infraestrutura muito vulneráveis. Redes de gás e telefone. Estações de abastecimento de água e de tratamento de esgoto, subestações de energia elétrica. Hospitais, clínicas, postos de saúde.	1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

As tipologias classificadas como especiais são relacionadas às infraestruturas que, afetadas por inundações, podem gerar a interrupção de serviços que podem ter maior demanda durante os eventos, como os serviços de saúde, equipamentos como as redes elétrica, gás e telefone ou elementos como estações de tratamento de água e de esgoto, que podem agravar os danos de forma mais significativa.

O levantamento foi realizado por meio do cadastro municipal de imóveis de Alegrete e dos trabalhos de campo nas áreas inundadas. A análise do padrão urbano e o quanto este é ordenado ou desordenado, em função da distribuição dos lotes e vias, foi analisado via interpretação de imagens orbitais e apoio de campo.

A partir dos valores oriundos da vulnerabilidade por setor censitário (V_s) e de uso e ocupação (V_{us}) foi estabelecido um único Índice de Vulnerabilidade, considerando que os dois valores complementam-se, tendo em vista que aspectos quanto à vulnerabilidade dos domicílios são indicados pelas variáveis de renda, características que podem atribuir maiores danos são indicadas por padrão das moradias e uso. Dessa forma, o somatório dos dois valores, dividido por dois resultou na Vulnerabilidade (V), conforme a fórmula da Equação 2:

$$V = (V_s + V_{us}) / 2 \quad \text{Eq.2}$$

O cálculo do índice de vulnerabilidade foi realizado a partir de um banco de dados georreferenciado, onde às edificações foi conferida uma tabela de atributos contendo, em suas colunas, os critérios analisados e respectivas ponderações. Foi utilizada a ferramenta *field calculator*, disponível no ArcGIS® (Arc Map) 10.1 (ESRI, 2012), que permite operações com valores das variáveis disponíveis na tabela de atributos dos arquivos vetoriais. Ambas as informações foram ajustadas à geometria de áreas de perigo, considerando-se a regra topológica, onde a feição de perigo contém a vulnerabilidade por setores (polígono) e as edificações (pontos).

Os resultados obtidos no somatório variaram de 0,4 a 1 e foram representados espacialmente em cinco classes de índice de vulnerabilidade: Muito Alta, Alta, Média Moderada e Baixa, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Síntese dos graus de vulnerabilidade às inundações

Classe	Índice de Vulnerabilidade
V1 - Vulnerabilidade Baixa	0,40 - 060
V2 - Vulnerabilidade Moderada	0,60 - 070
V3 - Vulnerabilidade Média	0,70 – 0,80
V4 - Vulnerabilidade Alta	0,80 – 0,85
V5 - Vulnerabilidade Muito Alta	> 0,85

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

A estimativa do número de habitantes nas áreas atingidas pelas inundações foi gerada a partir da observação dos valores dos dados referentes aos setores censitários do IBGE, sendo que, a partir da análise de cada setor, chegou-se a uma estimativa que retrata o contingente populacional por habitação. Com relação à densidade habitacional, a média é de 3,07 residentes/domicílio e os valores variam de 2,51 a 3,67 residentes/domicílio por setor

RESULTADOS

As áreas sujeitas a processos de inundação configuram a expressiva porção de 30,8% da área total correspondente à área urbana de Alegrete. As áreas sujeitas, de alguma forma, a processos de inundação e que são ocupadas correspondem a 11,9% da área inundável e totalizam aproximadamente 119,16 hectares,

considerando os adensamentos urbanos junto ao rio Ibirapuitã e seus afluentes, principalmente o arroio Regalado, mas também os arroios Caverá e Jararaca.

Essas áreas estendem-se por 27 bairros que são afetados por diferentes níveis de inundação, além de algumas áreas do Centro. As áreas ocupadas e sujeitas a inundações que compreendem porções mais extensas estão junto ao arroio Regalado, nos bairros Canudos (8), Santo Antônio (52), Macedo (32), Izabel (25), Joaquim Fonseca Milano (27), Restinga (50), Vera Cruz (59), na margem leste e Boa Vista (6), na margem oeste, todos no trecho de médio a baixo curso do arroio. Na porção do médio/alto curso, os bairros Grande (20), Prado (44), Progresso (45) e Sepé Tiarajú (56) estão associados a processos menos severos, embora recorrentes.

Na desembocadura do arroio Regalado, associadas ao rio Ibirapuitã, na porção norte da área urbana, são observadas áreas mais significativas à ocorrência de inundações, nos bairros Rui Ramos (51) e Vila Nova (60), além dos bairros Tancredo Neves (57), Porto dos Aguateiros (43), Assunção (3), São João (54) e ainda algumas residências no bairro Medianeira (33).

Na porção leste, junto à margem direita do rio, são afetadas áreas nos bairros Ibirapuitã (22), Oswaldo Aranha (39), Promorar (47), Honório Lemos (21), e na margem esquerda do arroio Jararaca os bairros Capão do Angico (9) e Centenário (10). Mais isolados e ao sul, os bairros: Renascer (48) e Balneário Caverá (5), também são atingidos pelas inundações.

VULNERABILIDADE SOCIOECONÔMICA (VS)

A avaliação da vulnerabilidade socioeconômica em termos espaciais, a partir dos indicadores de renda nas áreas afetadas, oriundos dos setores censitários do IBGE (2010), apontou uma vulnerabilidade, de maneira geral, elevada para grande parte dos 50 setores que interceptam áreas inundáveis. O valor médio do índice de vulnerabilidade dos setores foi de 0,71 e somente menos de 40% destes apresentam índice abaixo dessa média.

A figura 3 demonstra a característica dos setores censitários nos quais foram calculados diferentes índices, sendo a imagem da esquerda na porção central (a), com valores inferiores a 0,4 (caracterizada por médio a alta condições socioeconômicas), e a imagem da direita (b), setor com índice entre 0,7 e 0,8 no bairro Medianeira (áreas com baixa condição socioeconômica).

Figura 3. Setores com diferentes índices de vulnerabilidade socioeconômica. Variando de 0,2 a 0,4 (a) e entre 0,7 e 0,8 (b)



Fonte: Arquivo dos autores, 2018

O setor de menor índice de vulnerabilidade, com um valor de 0,31, está localizado no bairro Balneário Caverá até os índices máximos para vulnerabilidade dentre os setores, que superam a casa de 0,9, nos setores localizados nos bairros formados por uma população de baixas condições socioeconômicas, como o Progresso e Oswaldo Aranha, respectivamente, junto ao arroio Regalado e à margem oeste do rio Ibirapuitã (Figura 4).

VULNERABILIDADE DE USO E OCUPAÇÃO (VUS)

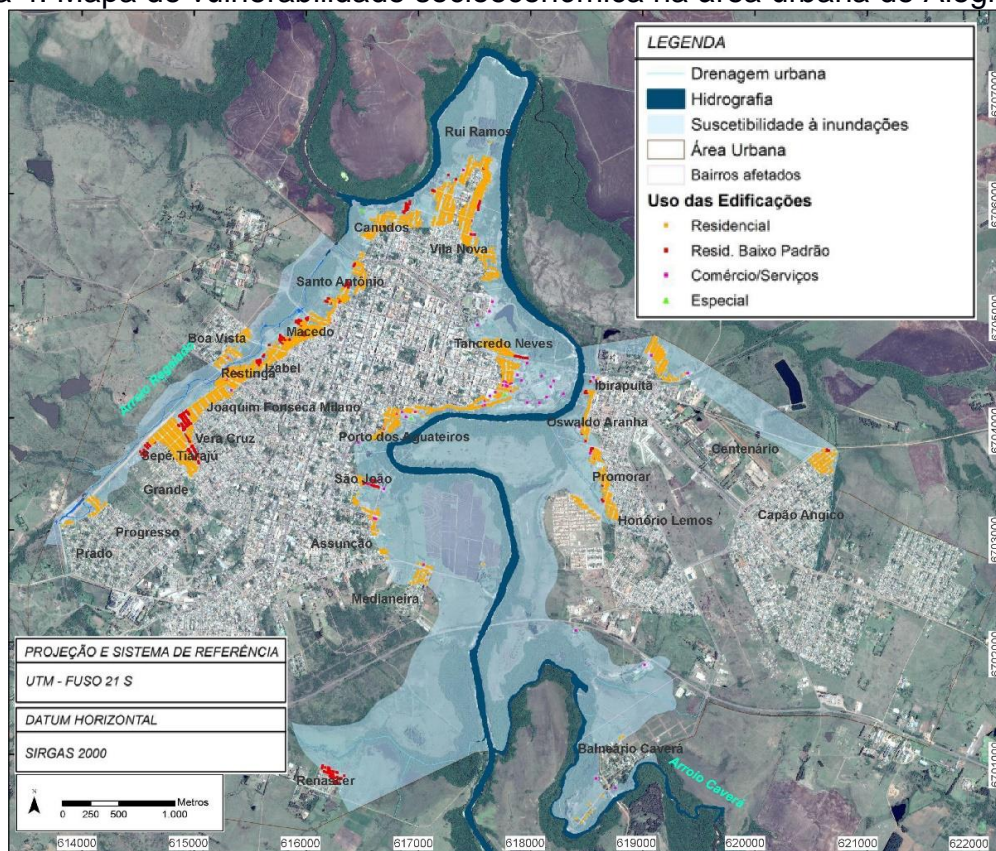
A estimativa e a categorização das 3.009 edificações identificadas, por tipo de uso e ocupação e tempo de retorno das inundações, são observadas a partir da Tabela 5. Para tempo de retorno de dois e cinco anos, há 163 edificações, sendo que a grande maioria é residencial e sendo expressiva a proporcionalidade de baixo padrão, onde, para ambos os TRs, mais de 2/3 do uso habitacional é dessa tipologia.

Tabela 5. Tipos de uso das edificações

Tipo de uso	Processo Regalado	Processo Ibirapuitã					Total
		TR2	TR5	TR20	TR50	TR>50	
Comércio/Serviços Especial	-	1	4	32	11	17	65
Resid. Baixo Padrão Residencial	59	22	34	105	15	26	261
	319	32	69	952	480	828	2680
Total	378	56	107	1090	507	871	3009

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

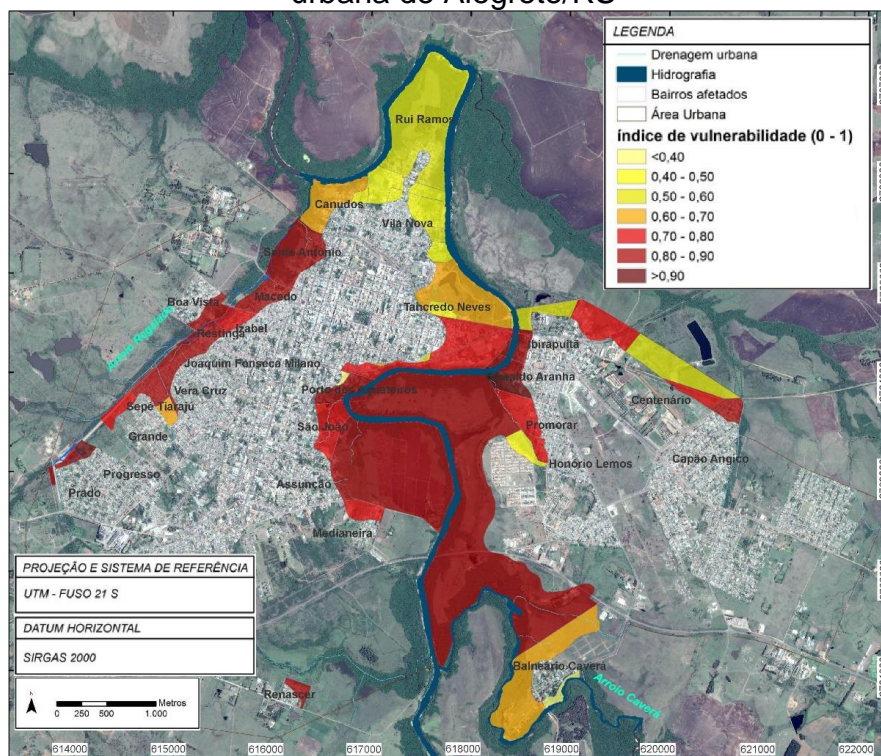
Figura 4. Mapa de vulnerabilidade socioeconômica na área urbana de Alegrete/RS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

Nas áreas com tempo de retorno de 20 anos, ocorre relativamente maior densidade habitacional e comercial. Inundações com essa recorrência abrangem 1/3 das edificações em toda área inundável, sendo que desta, 10% são edificações de baixo padrão residencial. Em tempo de retorno de 50 anos e superior a 50 anos, a tipologia residencial de baixo padrão diminui ainda mais a ocorrência (Figura 5).

Figura 5. Mapa de uso das edificações em áreas suscetíveis a inundação na área urbana de Alegrete/RS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

Para cada tipologia de uso e ocupação, foram estabelecidos graus de vulnerabilidade para área de estudo, conforme a Tabela 6:

Tabela 6. Tipos de uso das edificações por classe de vulnerabilidade

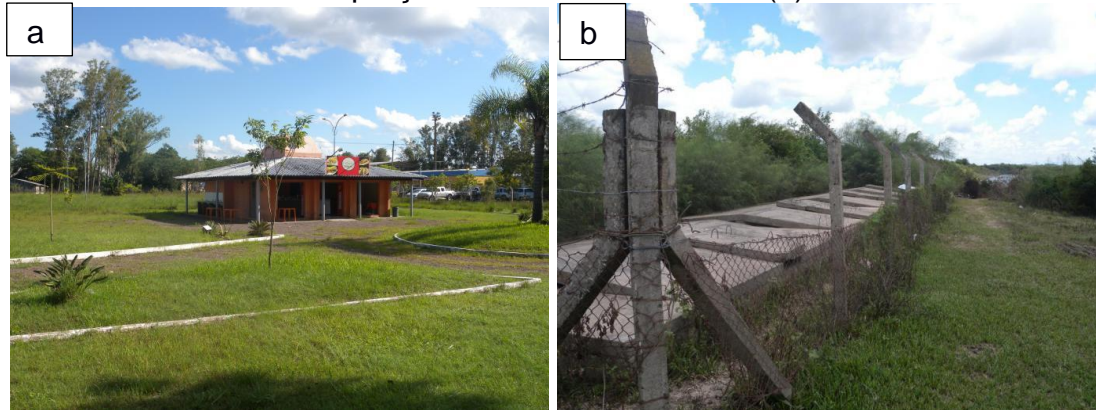
Tipo de Uso	V1	V2	V3	V4	V5	Total
Comércio/Serviços	11	49	5	-	-	65
Especial	-	-	-	-	3	3
Resid. Baixo Padrão	-	-	-	35	226	261
Residencial	73	856	1168	583	-	2680
Total	84	905	1173	618	229	3009

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

Percebe-se que a vulnerabilidade para as edificações de comércio e serviço esteve concentrada principalmente na classe de vulnerabilidade moderada (V2) e baixa (V1). Isso se deu em função do menor dano associado atribuído a esse uso e a sua localização preferencial junto a setores cuja renda é mais alta.

A classe especial está associada à presença de um posto de combustíveis e subestação de energia, localizados na margem esquerda do rio Ibirapuitã e, uma estação de tratamento, isolada em área próxima à desembocadura do arroio Regalado, com vulnerabilidade muito alta (V5). A partir da Figura 6, observa-se exemplos desses usos, na porção central da área urbana (a) e junto ao arroio (b).

Figura 6. Uso comercial em área inundável (a) e estação de tratamento de resíduos na porção norte da área urbana (b)



Fonte: Arquivo dos autores, 2018

Quanto ao uso residencial, verifica-se que a vulnerabilidade média (V3) concentrou 1.168 edificações, o que corresponde a aproximadamente 44% dessa tipologia de uso e 38% do total das edificações. Remetendo a valores entre 0,70 e 0,80 no índice de vulnerabilidade, elas caracterizam o ajuste dos pesos de uso residencial à vulnerabilidade média dos setores. Indicam um padrão residencial com acabamento (Figura 7a), ruas calçadas e ordenamento territorial. As flutuações da categoria de uso residencial para vulnerabilidades baixa (V1) e moderada (V2) implicam residências alocadas em locais cuja renda é mais alta e indicam valores menores de vulnerabilidade. Da mesma forma, 618 edificações caracterizam-se pela vulnerabilidade alta (V4) e 226 edificações residenciais (V5) em que a renda per capita mais baixa dos setores, baixo padrão das edificações (Figura 7b) indica menores rendas domiciliares.

Figura 7. Residências de vulnerabilidade média no bairro Promorar (a) e de baixo padrão junto às margens (b) do rio.



Fonte: Arquivo dos autores, 2018

A soma das variáveis analisadas indica o índice de vulnerabilidade estabelecida conforme características implícitas à função dada às edificações e respectivos danos associados, integrados ao panorama de vulnerabilidade característico do contexto de cada setor, que permitiram figurar o arranjo espacial da área urbana de Alegrete (TABELA 7 e FIGURA 8).

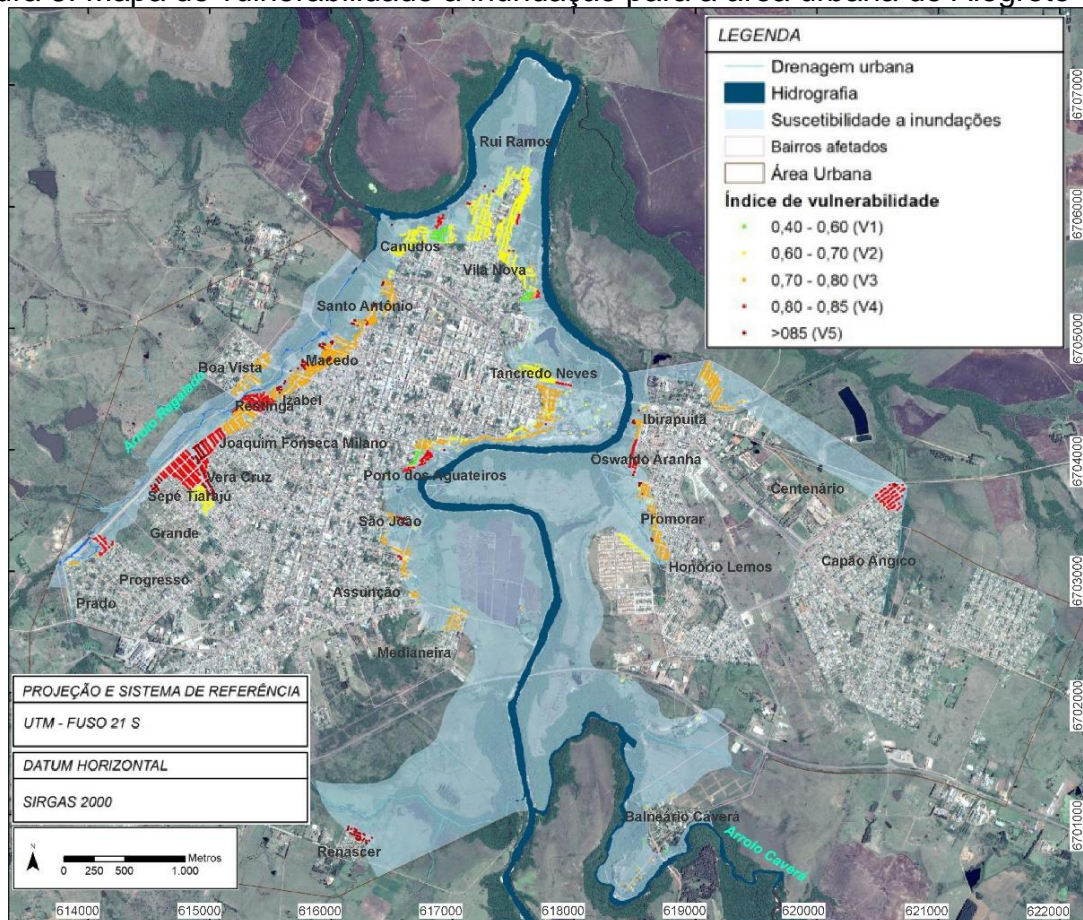
O maior contingente habitacional médio por domicílio está localizado na margem esquerda do rio Ibirapuitã, destacando – se o Bairro Osvaldo Aranha, seguido dos setores nas porções adjacentes ao arroio Regalado, destacando-se uma parcela do bairro Sepé Tiarajú e ainda dos Bairros Canudos, Rui Ramos e Vila Nova junto ao meandro norte.

Tabela 7. População afetada por graus de vulnerabilidade.

Vulnerabilidade	Processo Regalado	Processo Ibirapuitã					Total
		TR2	TR5	TR20	TR50	TR>50	
V1	-	6	49	58	22	87	223
V2	288	32	22	911	513	910	2675
V3	36	15	109	1541	722	1166	3589
V4	802	94	35	520	207	364	2022
V5	196	26	105	275	47	77	725
Total	1322	173	320	3305	1511	2604	9234

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

Figura 8. Mapa de vulnerabilidade a inundações para a área urbana de Alegrete – RS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

De uma população de mais de nove mil afetados, em torno de 223 desse montante apresenta vulnerabilidade baixa, ou seja, condições socioeconômicas relativamente alta de uso e ocupação com alto padrão. As inundações com recorrência de até 20 anos concentram grande parte da população atingida em todas as classes de vulnerabilidade, à exceção da classe de baixa vulnerabilidade.

Contabiliza-se 52% da população afetada por inundações em tempos de retorno igual ou inferior a cinco anos, associada a um índice de vulnerabilidade alta e muito alta. Quando estendido o tempo de retorno para até 20 anos, analisado o enquadramento nas mesmas condições de vulnerabilidade e agregado à vulnerabilidade média, tem-se 75% de um total de aproximadamente 3.800 pessoas afetadas. Considerando-se ainda as áreas, cujos processos estão atrelados ao arroio Regalado, tem-se o predomínio das classes de vulnerabilidade alta e muito alta.

Inundações com tempos de retorno de 50 anos e superior a essa recorrência, embora menos frequentes, agregam um contingente significativo de cerca de 44% de toda população atingida. No entanto, proporcionalmente somente 15% desse contingente apresenta vulnerabilidade baixa ou moderada. Esses indicativos demonstram que há significância entre a distribuição da vulnerabilidade e tempos de retorno, em que a população mais vulnerável está sujeita a maior frequência de inundações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município tem sua origem associada ao rio Ibirapuitã, estando o traçado urbano encaixado nos meandros do rio. As várias inundações ocorridas têm demonstrado situações de interferência de normalidade com remoção da população de suas residências, perdas materiais, dificuldades de acesso e interrupção de serviços.

Uma parcela da população depara-se com fortes obstáculos, principalmente no que se refere ao local de moradia, que, geralmente, situa-se em zonas periféricas, de baixo valor imobiliário ou até mesmo áreas ocupadas irregularmente. A deficiência de serviços e a baixa renda da população apresentam maior vulnerabilidade aos processos de inundação. A população localizada nas áreas mais suscetíveis enfrenta os maiores impactos, principalmente em função da localização junto às margens do rio Ibirapuitã e do arroio Regalado e da sua condição de alta vulnerabilidade habitacional.

O maior problema em estudos sobre desastres na maioria das cidades consiste no fato de que as séries, no Brasil, apresentam mudanças metodológicas em suas respectivas coletas e seguidamente inconsistências. No caso da área urbana de Alegrete, a série existe desde 1940 e foi descontinuada em alguns períodos de inundações ou que indicam a presença destas. A quantidade significativa de anos, de 1941 a 2014, e o tratamento diante às falhas diminuiu esses efeitos, embora se tenha trabalhado com eventos extremos. Em relação à vulnerabilidade, os dados do IBGE não apresentam os mesmos limites das áreas consideradas com suscetíveis a processos causadores de risco, por isso os estudos necessitam de amplos trabalhos de campo.

Dessa forma, a disponibilização de informações e dados obtidos e gerados a partir da presente pesquisa, para os órgãos públicos que atuam diretamente nas áreas

afetadas, deverá compor atividade complementar, somando à finalidade de contribuir sob ponto de vista teórico e metodológico na abordagem das inundações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHTECH. **GNSS Solutions®** (V. 3.80.8). 2016. Disponível em: <<https://spectrageospatial.com/wp-content/uploads/File-1419862016.pdf>>. Acesso em: 16/2/2018.

ÁVILA, L. O. **Vulnerabilidade das áreas sob ameaça de desastres naturais na cidade de Santa Maria/RS**. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFRGS. 2015.

BARROS, M. V. F.; MENDES, C.; CASTRO, P. H. M. Vulnerabilidade socioambiental à inundação na área urbana de Londrina – PR. **Confins**, n. 24, 2015.

BECK, U. **Risk society: towards a new modernity**. (trad. Mark Ritter) London: Sage, 1992. 260p.

BRASIL. Ministério da Integra o Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Comunica o de riscos e de desastres**. Curso a distância / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, 2010. 183 p.

BRITO, M. M.; FIN, J.; PAULETTI, C.; PASSUELLO, A.; SILVA FILHO, L. C. P. Análise espaço-temporal das ocorrências de inunda o no Estado do Rio Grande do Sul. In: **26  Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2011, Porto Alegre. Anais do 26  CBESA, 2011.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Desktop help. Redlands, 2012. Disponível em: <http://resources.arcgis.com>. Acesso em: jun/2015. ESRI - Environmental Systems Research Institute. **What is Arc GIS?** Disponível em: www.esri.com. Acesso em: jun/2015.

FIGUEIREDO, E.; VALENTE, S.; COELHO, C.; PINHO, L. (2004). **“Conviver com o Risco: A importância da incorpora o da percep o social nos mecanismos de gestão do risco de cheia no concelho de  gueda”**. VIII Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais: A questão social no novo mil nio. Setembro de 2004, Coimbra, Portugal. http://www.ces.uc.pt/lab2004/pdfs/ElisabeteFigueiredo_Valente_coelho_LuisaPinheiro.pdf>. Data de acesso 10 de março de 2015.

FLORES, A. R. (Org.) **Actores y roles en la gestión de riesgos**. Asunción: Arte Nuevo. 2006 p. 114 p.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. & PELLERIN, J. R. G. M. Proposta Metodológica para Mapeamento de Áreas de Risco a Inundação: Estudo de Caso do Município de rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 7/4/2018.

JULIÃO, R.P.; NERY, F.; Ribeiro, J. L.; BRANCO, M.C.; ZÊZERE, J.L. **Guia Metodológico para Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal**. Porto / Portugal: Autoridade Nacional de Proteção Civil. 2009

MACÍAS, J. D. (org). **Desastres naturales. Aspectos sociales para suprevención y tratamiento en México**. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México, 1996, 293 p.

MENEZES, D. J. **Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2014. 137 p.

MENEZES, D. J.; SCCOTII, A. A. V. **Inventário de registro de inundações no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2010**. In: Luís Eduardo de Souza Robaina; Romário Trentin. (Org.). **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. Editora da UFSM, 2013, v. 1, p. 163-179.

MOREIRA, A.R.F.L. Problemática habitacional del Paraguay: Necesidad de cambio en el cambio”, **Centro-h, Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos**. 2009. No 3, abril, pp. 37-46.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALEGRETE. **Plano diretor do município de Alegrete**. Disponível em Acesso em <<http://www.alegrete.rs.gov.br>>: 10 de jan. 2015.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005. Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R. (Org.). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul**. Editora UFSM, Santa Maria, 2013. 496 p.

ROBAINA, L.E.S.; SCHIRMER, G. J.; KORMANN, T. C. Zoneamento das inundações na área urbana de Alegrete - Rio Grande do Sul – Brasil. **Geociências (São Paulo. Online)**, v. 32, p. 378-387, 2013.

ROMERO, G.; MASKREY, A. Cómo entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (Comp.). **Los Desastres no son Naturales**. La Red/ITDG, Colombia, p. 1-7, 1993.

SAUERESSIG, S. R. **Zoneamento das áreas de risco a inundação da área urbana de Itaqui-RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. Santa Maria, RS, 2013.

SAUSEN, T.M.; REIS, J.T. Levantamento e avaliação das Inundações ocorridas no Rio Grande do Sul. In: Laurindo Antonio Guasselli; Guilherme Garcia de Oliveira; Rita de Cássia Marques Alves. (Org.). **Eventos Extremos no Rio Grande do Sul: inundações e movimentos de massa**. 1 ed. Porto Alegre, 2013, v. , p. 25-44.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, V. S. Zoneamento de risco de inundação do Rio Vacacaí no município de São Gabriel, RS. **Geo UERJ**, v.1, p.161 - 180, 2013.

UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: CEPED UFSC; 2012.

VEYRET, Y. **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do Meio Ambiente**. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.