



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

MAPEAMENTO DOS DOMICÍLIOS EM RISCO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO UTILIZANDO DADOS MULTIFINALITÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUZANA, ERECHIM, RS

MAPPING THE HOUSEHOLDS AT RISK OF FLOODING: A STUDY USING MULTIFUNCTIONAL DATA IN THE SUZANA RIVER WATERSHED, ERECHIM, RS

(Recebido em 17-02-2021; Aceito em 11-11-2021)

André Ricardo Furlan

Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Brasil
andre.ricardofurlan@gmail.com

Romario Trentin

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná
Professor da Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Brasil
romario.trentin@gmail.com

Resumo

O avanço tecnológico tem se desenvolvido em nível acelerado, neste sentido, destaca-se a importância da utilização do SIG para estudos geográficos. A Geografia, por ser uma ciência preocupada com a espacialização, utiliza dessas tecnologias para os desenvolvimentos de suas análises. Dessa forma, o presente trabalho propõe apresentar uma metodologia para a elaboração de mapeamento de áreas de risco de inundação, utilizando cadastro multifinalitário, tendo como referência o domicílio. A partir de trabalhos de campo, realizados na bacia hidrográfica, foi possível caracterizar e elaborar um quadro de variáveis que correspondem ao perigo e a vulnerabilidade, assim, sendo possível atribuir valores para esses dados. A etapa final consiste na tabulação do cruzamento dos dados a partir da matriz de correlação, para chegar a definição e análise do risco. Dessa forma, foi exequível realizar uma análise a nível de domicílio, apresentando mapeamento de risco de inundação que contribui para a execução do gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica. Como resultado, observou-se a existência de 54 domicílios em situação de perigo, localizados em áreas planas próximas aos antigos canais fluviais, que atualmente estão canalizados e tamponados. Após tabulação dos dados coletados, verificou-se que a maior porção dos domicílios nessa área estão condicionados ao risco alto.

Palavras-chave: SIGs; Perigo; Vulnerabilidade.

Abstract

Technological advances have developed at an accelerated level, and in this sense, the importance of using GIS for geographic studies stands out. Geography, as a science concerned with spatialization, uses these technologies for the development of their analysis. In this way, the present work proposes to present a methodology for mapping flood risk areas, using a multifunctional registry, with the household as reference. Based on field work carried out in the watershed, it was possible to characterize and draw up a table of variables that correspond to hazard and vulnerability, thus being possible to assign values to these data. The final step consists in tabulating the crossing of data from the correlation matrix, to reach the definition and risk analysis. Thus, it was feasible to perform a household-level analysis, presenting flood risk mapping that contributes to the implementation of environmental management of the watershed. As a result, it was observed the existence of 54 households in a situation of hazard, located in flat areas near the old fluvial channels, which are currently canalized and buffered. After tabulation of the collected data, it was found that the largest portion of households in this area are conditioned to high risk.

Keywords: GIS; Hazard; Vulnerability.

Introdução

No campo da Geografia observa-se, durante os últimos anos, a preocupação com os efeitos da urbanização sobre os componentes naturais, e quais são as formas que a população é afetada por processos de origem natural que são intensificados e provocados pela ação do ser humano. A problemática ambiental, vivenciada no século XXI, encontra-se fundamentada em diversos processos. Entre eles, podem ser listados, o avanço urbano industrial, a aplicação excessiva da mecanização agrícola aliada à utilização de agrotóxicos, assim como áreas de exploração mineral.

Essas atividades causam distintas interferências nos processos naturais, consequentemente degradando áreas e causando interferência direta na qualidade de vida da população, sendo essa uma preocupação frequente. Nesse contexto, evidencia-se o destaque para as inundações, as quais são tratadas como exposição da população a um perigo, sendo que para Robaina e Trentin (2013; 27), esse processo pode ser “um evento, processo, ação ou fenômeno que pode causar danos à propriedade, perturbação social e econômica e até perda de vidas”. Almeida (2011, 2012) argumenta e explicita que o conceito de perigo demanda da probabilidade ou da própria ocorrência de um evento que possa causar prejuízo.

Um evento físico pode se transformar em perigo quando componentes sociais e econômicos estão sujeitos à possibilidade de danos ou perdas, caso contrário não constitui perigo. Nesse sentido, Figuera (2012; 115) enfatiza que “*toda amenaza es una construcción social, a pesar de los diversos orígenes de los fenómenos naturales que potencialmente pueden ser catalogados como amenazas*”. No mesmo sentido, Andrade (2015; 285) sustenta que: “*Peligrosidad es el potencial de peligro*”.

A análise da especialidade das áreas de risco encontra-se vinculada aos estudos geográficos. Compreende-se, que para implementar investigações de cunho geográfico é necessário buscar a representação das dinâmicas naturais expressas pelo perigo e, também, investigar as atividades sociais, através do conceito de vulnerabilidade. Dessa forma, a análise de risco compõe a relação estreita entre o homem e a natureza (ANEAS DE CASTRO, 2000, MENDONÇA, 2010, RIBEIRO 2010; ALMEIDA 2011, 2012; ROBAINA, OLIVEIRA, 2013). Assim, a análise de risco busca uma análise sobre os aspectos naturais e sociais, que são expressos a partir da cartografia.

A primeira categoria de análise refere-se ao perigo, no estudo de caso proposto busca-se compreender a dinâmica do perigo de inundação. Na análise do risco de inundação, o perigo equivale aos processos da natureza, que em muitos casos são ampliados devido aos processos sociais. Essa categoria de análise torna-se complexa, pois envolve a dinâmica natural e deve ser observada de maneira holística, passando pela análise da bacia hidrográfica (MENDONÇA, 2000; BOTELHO; SILVA, 2004; BOTELHO, 2011, 2015), e, também, a questão envolvendo a Geomorfologia, devido às alterações aplicadas nos cursos fluviais e encostas, modificando o direcionamento do fluxo das águas (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; RODRIGUES; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2013; ROBAINA, 2013; ROBAINA; TRENTIN, 2013; MOROZ-CACCIA GOUVEIA; RODRIGUES, 2017).

A vulnerabilidade apresenta a exposição da população frente à existência de um perigo. Dessa forma, Andrade (2015; 285) apresenta sua consideração de que a *“vulnerabilidad es la capacidad de hacer frente a un evento catastrófico. Se haya condicionada por la situación socioeconómica previa a la ocurrencia del evento”*. Torna-se interessante a visão desenvolvida por Veyret e Richemmond (2007), que relatam a existência de diversas perspectivas que buscam a análise da vulnerabilidade, porém, deve-se levar em consideração a escala de análise adotada. Assim, cabe o desenvolvimento da escrita referente à Cartografia, visto que ela sempre foi base para os estudos e análises geográficas e na análise de risco, assim como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, os quais são elementos chave. A dimensão espacial que um mapeamento de áreas de risco proporciona, possibilita a investigação de diversos aspectos, como da suscetibilidade, do perigo e da vulnerabilidade.

Dentro da dimensão cartográfica, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ganham destaque nos últimos dez anos. As possibilidades da utilização de SIG, em estudos geográficos que procuram apresentar uma análise concisa sobre os riscos, são diversas. Entre eles, pode-se evidenciar a identificação de áreas, como as planícies fluviais, que irão especializar as áreas que podem estar sujeitas ao perigo de inundação e a análise das encostas, assim demonstrando áreas com maior perigo de deslizamento ou escorregamento de terra. Portanto, a utilização dos SIGs auxilia na identificação de sistemas suscetíveis, que podem expor a população ao perigo (CUTTER, 2011).

Pedrosa (2012) relata que a Cartografia do risco busca apresentar a probabilidade de ocorrência de um fenômeno que leva ao risco, auxilia no conhecimento da área que pode ser afetada, assim como a identificação do grau de vulnerabilidade e as infraestruturas expostas. Nesse sentido, Veyret (2007; 12) enfatiza que as zonas de risco são definidas a partir “de formas e superfícies variáveis, mapeáveis em diferentes escalas espaciais e temporais. O espaço sobre o qual pairam as ameaças não é neutro, ele constitui a ‘componente extrínseca’ do risco”. Em suas reflexões, Thouret (2007; 87 - 88) estabelece que as “zonas perigosas engendra então múltiplos problemas fundiários, socioeconômicos, políticos e inevitáveis conflitos de interesse entre os especialistas, a população ameaçada e os dirigentes”. Righi e Robaina (2012; 280), enfatizam que “o zoneamento de risco se destaca como medida não estrutural essencial para o gerenciamento auxiliando no estabelecimento de medidas que minimizem perdas e danos”.

Para chegar ao resultado do mapeamento de áreas de risco, alguns autores como Castro, Peixoto e Do Rio (2005) e Fernandes e Amaral (2012) definem a seguinte equação: $R = P \times C$, em que o (P) seria apresentado pela probabilidade e suscetibilidade do processo, a variável (C) apresentaria as consequências econômicas e sociais causadas pelo processo. Para Almeida (2011), Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012) e Trentin e Dias (2014) a equação consiste em: $R = P \times V$, diferentes dos autores anteriores, o (P) corresponde ao perigo e o (V) à vulnerabilidade dos grupos sociais. Destaca-se, assim, que a segunda fórmula se enquadra de maneira mais efetiva na pesquisa proposta.

A Portaria nº 511/2009 do Ministério das Cidades do Brasil, expressa que o cadastro multifinalitário é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre, e, ainda, se apresenta como uma parcela cadastral de toda e qualquer porção da superfície terrestre (BRASIL, 2009). Destaca-se, que a cartografia representada pelo cadastro multifinalitário evidencia uma dimensão que abrange parcelas detalhadas, que pode ser atribuído para diferentes objetivos (PESSOA; REIS FILHO; ROCHA, 2019).

A partir do exposto, salienta-se a importância das geotecnologias para a análise e o levantamento de áreas de risco. É a partir dessa ferramenta que se possibilita a integração de diversos dados espaciais e cadastrais, apresentando um banco de dados consistente para chegar a uma análise de síntese. Nesse aspecto, o emprego das geotecnologias utilizadas na análise de áreas de risco, apresenta agilidade no processamento dos dados, em ambiente digital.

Portanto, evidencia-se que o risco está pautado na correlação da existência de um processo natural ou induzido, que no estudo de caso corresponde ao perigo de inundação e a exposição da população expressa pela vulnerabilidade, que está relacionado ao domicílio. Assim, busca-se realizar

o cadastro dos domicílios que se encontram sob perigo de inundação e a partir dos domicílios elaboraram-se critérios para mensurar o perigo e a vulnerabilidade, para alcançar a análise do risco.

Este trabalho teve sua primeira versão (FURLAN; TRENTIN, 2019) apresentada no Grupo de Trabalho 55 - Problemática Socioambiental Urbana, durante o Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação em Geografia (XIII ENANPEGE). Nesse sentido, a versão atual inclui questões que contemplam a cartografia para mapeamentos de áreas de risco e a utilização de cadastro multifinalitário como possibilidade para levantamento de dados. Durante a interlocução entre pares, muitas contribuições foram elencadas para melhoria do trabalho, assim, buscou-se apresentar os procedimentos metodológicos de maneira detalhada. Foram alterados os pesos adotados para cada variável, assim alterando a composição da tabulação dos dados relacionado ao perigo e à vulnerabilidade. A matriz de correlação também foi modificada e passa a contar com três categorias de risco. A seção que contém os resultados, expressa as características dos setores analisados na bacia hidrográfica. Dessa forma, essa versão incorpora contribuições e apresenta modificações metodológicas em relação a primeira versão.

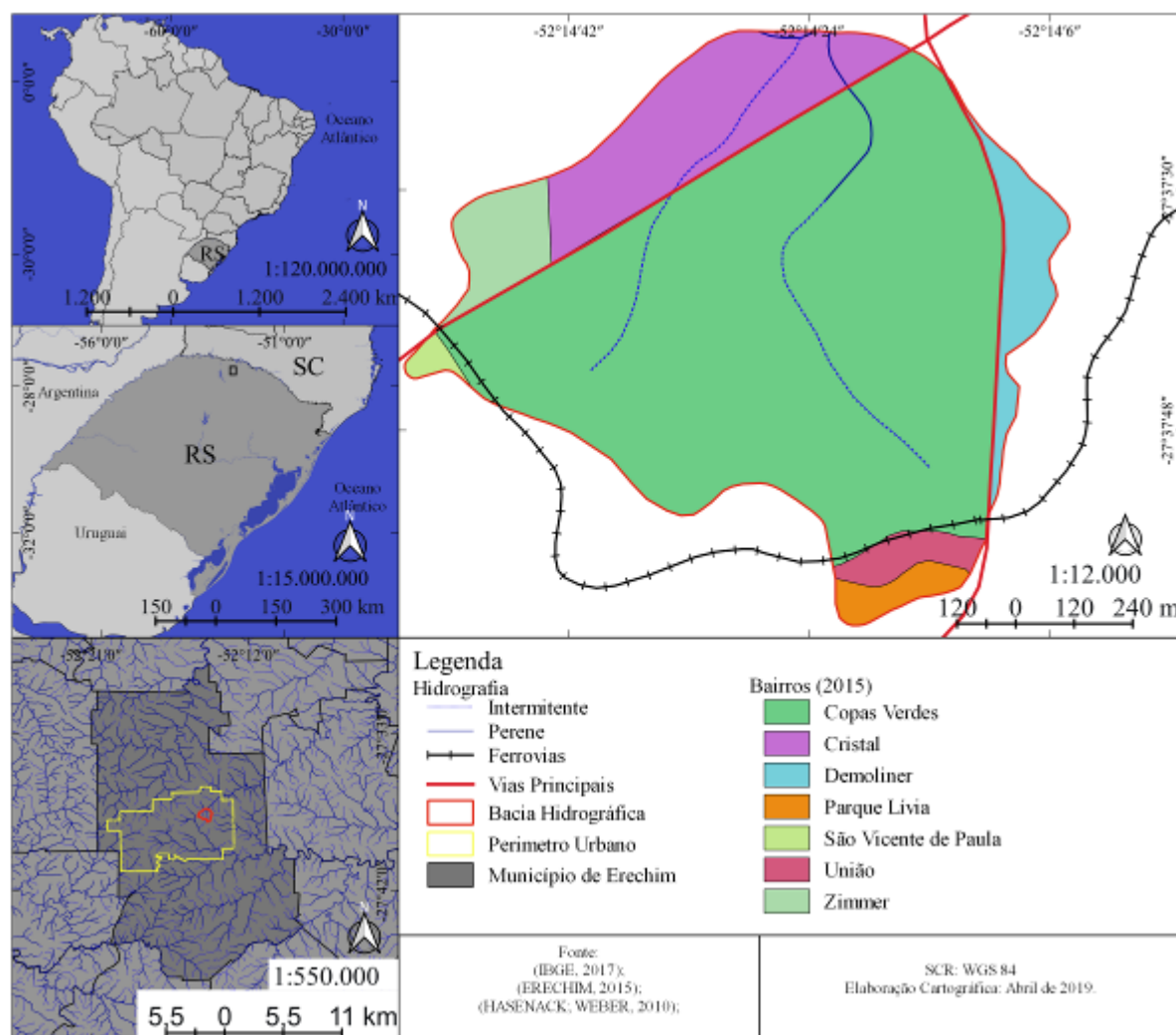
Isto posto, busca-se, neste trabalho, realizar uma análise na bacia hidrográfica localizada na área urbana de Erechim, Rio Grande do Sul. Os episódios de inundação ocorrem principalmente no bairro Copas Verdes. Tendo em vista que muitos trabalhos relacionados a essa temática são efetuados com dados do Censo Demográfico, tendo como escala de análise o setor censitário, esse que abrange uma área com diversos domicílios, assim não assumindo caráter de detalhe. A proposta deste trabalho centra-se no objetivo geral, em apresentar a possibilidade da utilização do cadastro multifinalitário para mensurar o perigo e a vulnerabilidade, assim apresentando como síntese a matriz de correlação, contendo três níveis de risco de inundação.

Metodologias

Identificação da área de estudo

A bacia hidrográfica analisada possui uma área aproximada de 1,106 km². Sobreposição sobre seis bairros, de Sul em direção ao Norte encontra-se quatro bairros, Parque Livia, União, Copas Verdes, por fim, Cristal, a Leste abrange pequena porção do Demoliner e a Oeste pequena porção do bairro São Vicente de Paula.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Erechim constitui-se como polo urbano e industrial entre os municípios da microrregião, além de ser o maior em número de habitantes. Segundo o IBGE Cidades, a população estimada (2017) é de 103.437 pessoas. Conforme a Tabela 1, identifica-se que o município sempre possuiu maior porcentagem de população residindo na área urbana, porém, a partir do ano de 2000 tem-se incremento de aproximadamente 18.000 habitantes, alcançando, assim, 90% de população residente na área urbana.

Tabela 1: População total, urbana e rural em Erechim (1970 – 2010)

Ano	Total	Urbana	Rural	% Urbana	% Rural
1970	48.677	33.916	14.761	69,68	30,32
1980	61.115	48.209	12.906	78,88	21,12
1991	72.318	62.377	9.941	86,25	13,75
2000	90.347	82.026	8.321	90,79	9,21
2010	96.087	90.552	5.535	94,24	5,76

Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA, 2017)

O município de Erechim não possui rede de tratamento de esgoto, a maior parte dos resíduos são destinados de forma *in natura* para os canais fluviais. O Plano Ambiental Municipal (ERECHIM, 2011; 218) explicita que, atualmente, não existe sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Dessa forma, muito do esgoto produzido na bacia acaba sendo direcionado às drenagens pluviais e, conseqüentemente, lançados nas águas do Rio Suzana.

Identificação da Suscetibilidade ao Perigo

Para realizar a análise do perigo, primeiramente, foi necessário efetivar o levantamento espaço-temporal das inundações, para identificar a periodicidade e os principais locais em que ocorrem os processos de inundação. Dessa forma, foi realizado o levantamento tanto nos órgãos competentes (Defesa Civil), quanto no arquivo histórico municipal, averiguando, assim, as datas de ocorrência de eventos nos jornais de circulação municipal, para a construção de banco de dados. Após o levantamento do inventário temporal das inundações, passou-se a delimitar os recortes espaciais, que são considerados com registros de inundação, visualizada a partir do inventário da inundação e de trabalho de campo.

Além de análise das cotas altimétricas retirada da base cartográfica 1:2.000, foi necessário, para a geração do modelo digital do terreno, os dados vetoriais, da drenagem, curvas de nível, pontos cotados e limite da bacia hidrográfica. Utilizou-se o interpolador *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Interpolation* → *Topo to raster* realizado no ArcGIS®. De posse desses dados, foi possível identificar cinco setores (A, B, C, D e E) que apresentam recorrência de processo de inundação.

Classificação do Perigo

Para hierarquizar os domicílios em perigo de inundação em três classes (alto, médio e baixo) foi necessário estabelecer quatro variáveis: Inventário de Inundação (II), Nível do domicílio (ND), Posição na Bacia Hidrográfica (PB) e os Andares (AN) do domicílio.

O primeiro parâmetro Inventário de Inundação (II), está relacionado às recorrências do evento expresso nos órgãos oficiais e nos jornais locais, tendo em vista que os locais que não possuem registros ganham nota menor, as ruas que apresentam até um registro de processo de inundação recebem peso intermediário, as ruas cujo processo está registrado com mais de dois episódios de inundação obtêm peso máximo, assim demonstrando a recorrência do processo. Vale ressaltar, que em decorrência da análise do inventário, foi possível identificar locais que ocorreram processos de

inundação, porém não constavam nos registros, esse dado foi levantado em pesquisa de campo junto à comunidade.

O Nível do domicílio (ND) foi comparado à rua, a fim de se obter melhor compreensão dos parâmetros utilizados. Trata-se como “acima da rua” os domicílios que se encontram acima do nível da calçada, os domicílios que se encontram no nível da calçada ganham nota intermediária, já os domicílios que estão abaixo do nível da calçada encontram-se sobre maior perigo, devido à concentração de fluxo.

O parâmetro Posição na BH (PB), consta da posição topográfica das residências correspondentes as bacias hidrográficas (Quadro 1). Assim, foram divididos os domicílios que estão em cotas altimétricas altas, essas que se encontram próxima as nascentes dos canais, desse modo, recebendo nota menor, pois o fluxo da água não se encontra com volume alto. A classe intermediária corresponde às cotas do médio curso, onde o fluxo e o volume da água começam a ficar concentrados. A última classe está relacionada à compartimentação mais baixa da bacia hidrográfica. Nessa área, o fluxo torna-se concentrado e o volume da água maior, logo, ocasionando maior perigo para a população.

Quadro 1: Descrição das classes de altitude.

Parâmetro	Nota	Altitudes
Alto	1	740 – 735 m
Médio	2	730 – 725 m
Baixo	3	715 – 705 m

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

O último critério utilizado, Andares (AN), corresponde ao número de andares que o domicílio possui. Esse dado é utilizado devido à realidade da área de estudo e da dinâmica da produção do espaço. Assim, os imóveis com um andar, muitas vezes passam por processo de locação ou sublocação da área térrea. Dessa forma, constantemente as áreas térreas, chamadas de “porões”, registram processos de inundação. O Quadro 2 apresenta as quatro variáveis utilizadas para elaboração do perigo, assim como a nota atribuída para cada uma e o peso destinado.

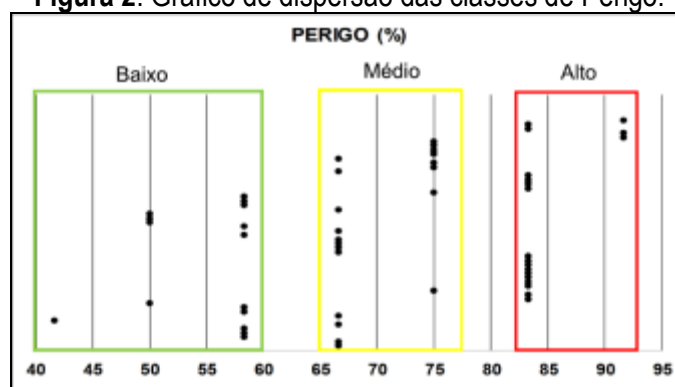
Quadro 2: Descrição das classes de perigo.

Inventário de Inundação (II)			Nível do domicílio (ND)		
Parâmetro	Nota	Peso 25%	Parâmetro	Nota	Peso 25%
0	1		Acima	1	
1	2		No nível	2	
1 <	3		Abaixo	3	
Posição na BH (PB)			Andares (AN)		
Parâmetro	Nota	Peso 25%	Parâmetro	Nota	Peso 25%
Alto	1		< 1 Andar	1	
Médio	2		1 Andar	2	
Baixo	3		Térreo	3	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A partir da somatória dos dados e da elaboração do gráfico de dispersão, foram definidas as três classes que compõem a análise do perigo como apontados na Figura 2 e Quadro 3.

Figura 2: Gráfico de dispersão das classes de Perigo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Quadro 3: Descrição das classes de perigo.

Perigo	Legenda		Classes
Baixo	P1	Peso 1	33 – 47 %
Médio	P2	Peso 4	60 – 77 %
Alto	P3	Peso 9	87 – 100 %

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Classificação da Vulnerabilidade

Para a elaboração de uma classificação da vulnerabilidade, foi necessária a realização de três processos. O primeiro abarca a elaboração de critérios em laboratório, de modo a averiguar as características socioeconômicas das áreas atingidas por perigos. O segundo processo contempla-se em campo, com sua definição *in loco* das áreas vulneráveis. Já o terceiro é realizado no laboratório e procura hierarquizar a vulnerabilidade nas áreas atingidas por processos de inundação.

Para estabelecer a vulnerabilidade, ao nível de domicílio atingido, buscou-se elaborar critérios para mensurá-la, visto que análises nesse nível escalar de detalhamento são raramente executadas.

Geralmente, para elaborar estudos sobre a vulnerabilidade são utilizados dados secundários ou, ainda, terciários. Para tanto, a proposta, aqui, centra-se em elaborar um banco de dados primários para analisar a vulnerabilidade. Vale destacar que cada bacia hidrográfica possui sua peculiaridade, a qual está vinculada ao histórico de ocupação.

Ao analisar os trabalhos elaborados por Righi (2011), Righi e Robaina (2012), Trentin e Dias (2014), Prina (2015), Avila (2015), Aimon (2017), Freitas (2017), Knierin (2018) e Knierin, Robaina e Trentin (2019) identifica-se a possibilidade de aplicar coletas de dados primários a partir de cadastro multifinalitário, para identificação da vulnerabilidade. Diante disso, foram selecionados seis indicadores de vulnerabilidade dos domicílios. No quadro 4 estão relacionadas as características de cada variável e o parâmetro utilizado, assim como suas respectivas notas e pesos.

Quadro 4: Descrição das variáveis da vulnerabilidade dos domicílios

Acabamento (AC)				Condições (CD)			
Parâmetro		Nota	Peso 25%	Parâmetro		Nota	Peso 25%
Alto		1		Recente		1	
Médio		2		Intermediária		2	
Baixo		3		Antiga		3	
Densidade (D)				Área (AR)			
Parâmetro		Nota	Peso 25%	Parâmetro		Nota	Peso 25%
Baixa		1		< 125 m²		1	
Média		2		75 – 125 m²		2	
Alta		3		> 75 m²		3	

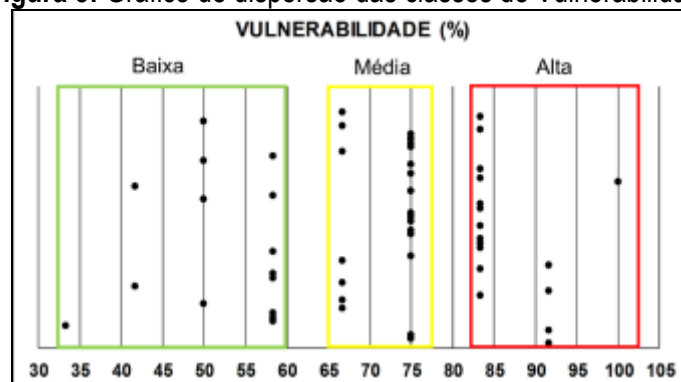
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Conforme Quadro 4, a variável Acabamento (AC) foi elaborada a partir das características dos domicílios, esse parâmetro torna-se heterogêneo na área urbana e apresenta condições socioeconômicas diferentes. A segunda variável foi elaborada a partir das Condições (CD), em que se encontram os domicílios. Esse pode se tornar um fator imprescindível na análise da vulnerabilidade, após ocorrer um evento, provavelmente uma estrutura antiga será mais vulnerável que uma instalação recente, tendo em vista que o domicílio pode vir a comprometer sua estrutura após diversos episódios de inundação.

O critério Densidade (D), corresponde a quantidade de domicílio comparado a quadra em que ele faz parte. Esse parâmetro expõe o alto valor do solo urbano, salvo as áreas mais valorizadas, que possuem terrenos grandes, com boa arborização. A variável que compõe a Área (AR) do domicílio expressa a possibilidade em comparar os diferentes tamanhos das residências e a mesma auxilia na identificação das diferenças socioeconômicas.

Na Figura 2, pode-se observar o gráfico de dispersão que foi gerado após o cruzamento das seis variáveis que compõem a vulnerabilidade. O Quadro 5 apresenta os valores utilizados para classificar as classes em Baixa, Média e Alta que correspondem a um peso específico.

Figura 3: Gráfico de dispersão das classes de Vulnerabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Quadro 5: Descrição das classes de vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Legenda		Classes
Baixa	V 1	Peso 1	52 – 65 %
Média	V 2	Peso 2	67 – 75 %
Alta	V 3	Peso 3	77 – 100 %

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Classificação do Perigo e Vulnerabilidade

Toda a integração dos dados coletados foi processada em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no intuito de gerar um mapa de síntese, contendo todos os dados coletados, para que se consiga atingir o objetivo da pesquisa. Dessa forma, busca-se realizar a integração entre a análise do perigo e da vulnerabilidade para classificar a exposição dos domicílios ao risco. Para elaboração dos resultados utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG), aplicando procedimento técnicos relatados em Fitz (2008a, 2008b). As sistematizações dos dados da área de estudo foram realizadas no *software Microsoft Excel* e especializados no *software Quantum Gis* (QGIS) e *ArcGIS*.

Composição da Matriz de Risco de Inundação

A matriz de correlação (Quadro 6) estabelece três classes de risco, partindo do risco baixo (R1), risco médio (R2) e risco alto (R3). A partir da multiplicação do perigo e da vulnerabilidade obtém-se nove resultados. Cada resultado numérico corresponde a uma dada categoria de risco.

Quadro 6: Matriz de correlação para estipular o risco de inundação.

R = P x V	V 1 (1)	V 2 (2)	V 3 (3)
P 1 (1)	R 1 (1)	R 1 (2)	R 2 (3)
P 2 (4)	R 1 (4)	R 2 (8)	R 3 (12)
P 3 (9)	R 2 (9)	R 3 (18)	R 3 (27)

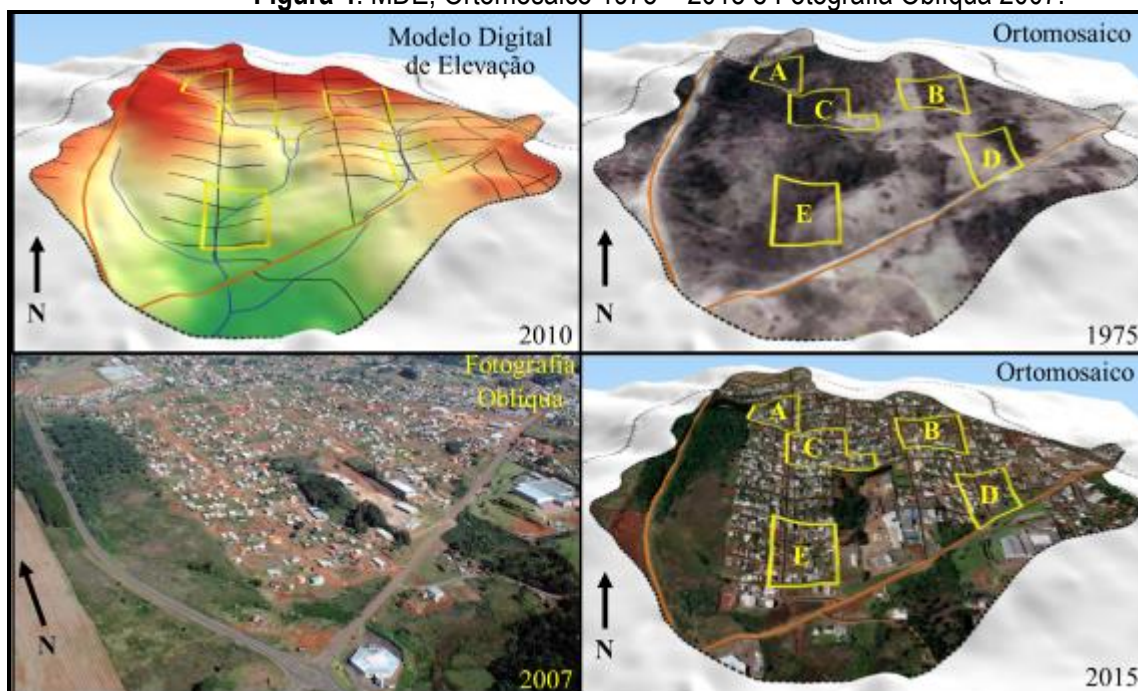
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A matriz de correlação indica que o perigo baixo (P1) e vulnerabilidade baixa (V1) e média (V2) e perigo baixo (P1) e (P2) geram R1. O R2 é composto a partir do P1 e V2, perigo alto (P3) e V2, P1 e Vulnerabilidade Alta (V3). Por fim, o R3 é composto por P2 e V3, P3 e V2 e P3 e V3.

Resultados

A bacia hidrográfica do Rio Suzana passou por um intenso processo de urbanização e isso pode ser observado no Ortomosaico de 1975, em comparação ao de 2015 (Figura 4), a partir das intervenções que ocorreram na bacia hidrográfica, assim como a forte densidade de residências, visto entre 2007, ainda com muitos terrenos sem residências e chega em 2015 basicamente todo ocupado. Em decorrência do adensamento residencial e das modificações efetuadas na bacia hidrográfica, como cortes, aterros e canalização dos canais fluviais, o bairro Copas Verdes apresentou registros de processo de inundação.

Figura 4: MDE, Ortomosaico 1975 – 2015 e Fotografia Obliqua 2007.

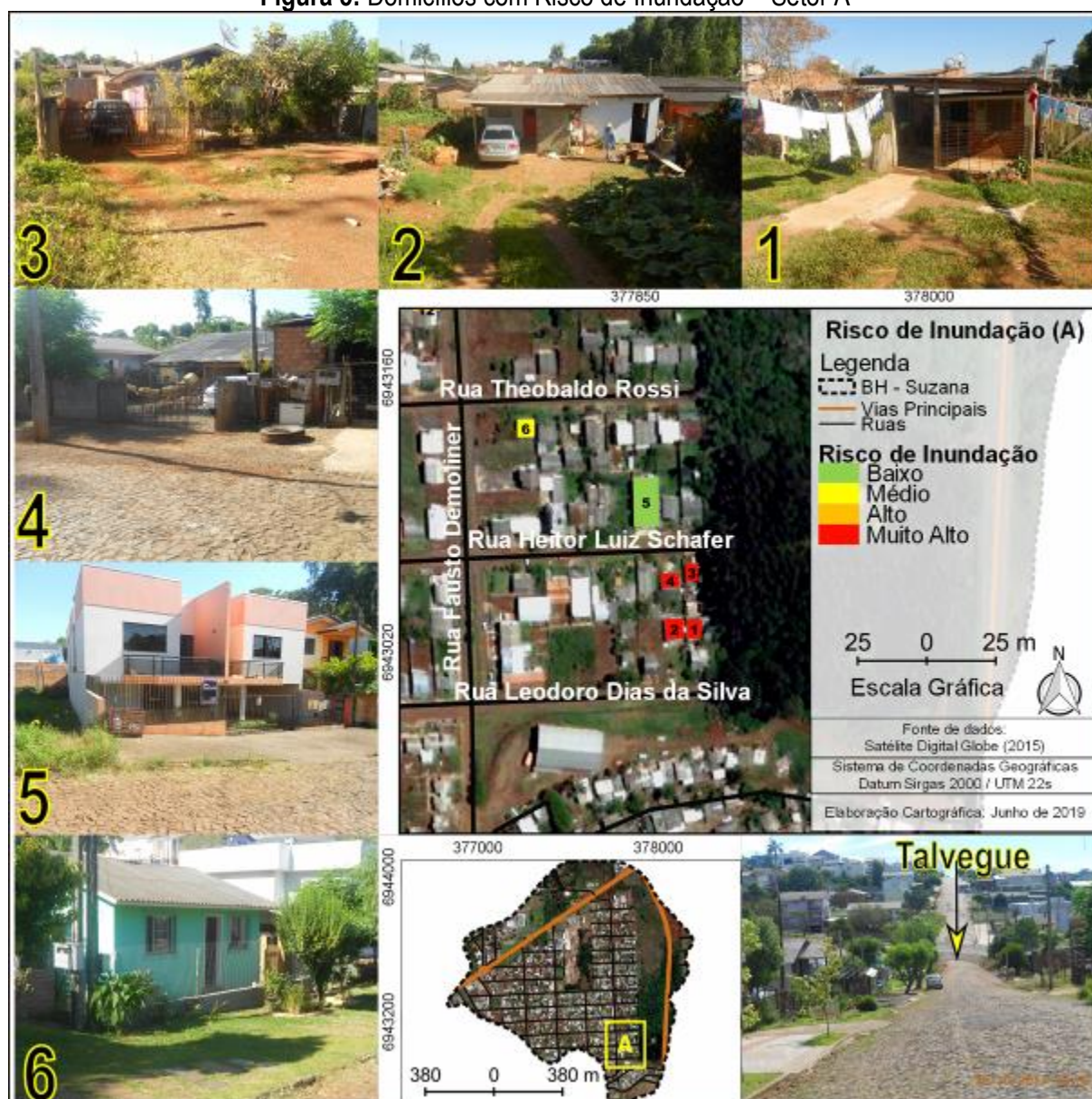


Como pode-se observar no modelo digital de elevação e contraposto com o Ortomosaico de 2015, os cinco setores em que ocorrem processo de inundação (A, B, C, D e E) encontram-se com

adensamento de residências e sobre áreas que, anterior à urbanização, contavam com canais fluviais superficiais. Com o advento do loteamento e a construção de residências nessas áreas, o canal fluvial foi retificado e canalizado, essa canalização, por vezes, encontra-se próximo às residências ou até mesmo passam embaixo delas, e isso condiciona a ocorrência de risco para a população.

Foram contabilizados 54 domicílios que sofrem com situações de inundação. A bacia hidrográfica foi dividida em cinco setores com ocorrência de inundação, o setor A (Figura 5) apresenta seis domicílios. O domicílio um encontra-se sobre R3, consta com V3 e P2, o domicílio dois, está sob R2, possui V2 e P2, esses dois domicílios localizam-se na rua Leodoro Dias da Silva.

Figura 5: Domicílios com Risco de Inundação – Setor A



O domicílio três, situa-se sobre R1, isso em decorrência da V2 e P1, o domicílio quatro foi categorizado com V3 e P1, dessa forma, corresponde ao R2, o domicílio cinco equivale a V1 e P1, apresentando R1, essas residências se encontram na Rua Heitor Luiz Schafer. A última residência desse setor também possui R1, devido ao Perigo e à Vulnerabilidade serem categorizados baixos, esse domicílio encontra-se na Rua Theobaldo Rossi. Pode-se identificar, na Figura 5, na fotografia que se encontra na parte inferior direita, o local em que foi marcado com uma seta, esse local seria a referência da localização do antigo talvegue.

Atualmente, na área assinalada pela seta encontra-se o canal fluvial dimensionado em tubulações subterrâneas. Em uma visão mais ampla dessa fotografia, percebe-se a intensidade da impermeabilização e a construção das vias não obedecendo as cotas do terreno, assim, proporcionando aumento do fluxo e concentração das águas em dias de grande precipitação. Esse processo ocorre devido à inclinação das encostas existentes nessa área. Tudo isso decorre das declividades que variam entre 15 – 30 % e da amplitude altimétrica, que chega a aproximadamente entre 20 – 30 metros medindo do talvegue ao topo da vertente. A partir dos fatores expostos, o aumento de fluxo da água em dias de grande precipitação faz com que as águas pluviais e fluviais invadam os domicílios, expondo a população ao perigo de inundação e, conseqüentemente, ao risco.

O setor B (Figura 6) apresenta cinco domicílios que foram caracterizados com R1, os domicílios sete, oito e dez possuem P1 e V1, já as residências nove e 11 possuem V2 e P1. É importante destacar, que mesmo sob risco baixo, essas áreas, em dias de alta precipitação, tornam-se locais de escoamento e acúmulo de água que, por vezes, invadem as moradias, segundo relatos de moradores.

Figura 6: Domicílios com Risco de Inundação – Setor B



O setor C (Figura 7 e 8) contém 21 domicílios com risco de inundação, esse é o setor com maior quantidade de domicílios, a área em que esse setor se encontra é uma área plana, além disso, recebe grande quantidade de água do montante. Os domicílios 12 e 13 possuem P3 e V3, assim, apresentando R3, o domicílio 14, encontra-se sob P2 e V1, o que caracteriza R1.

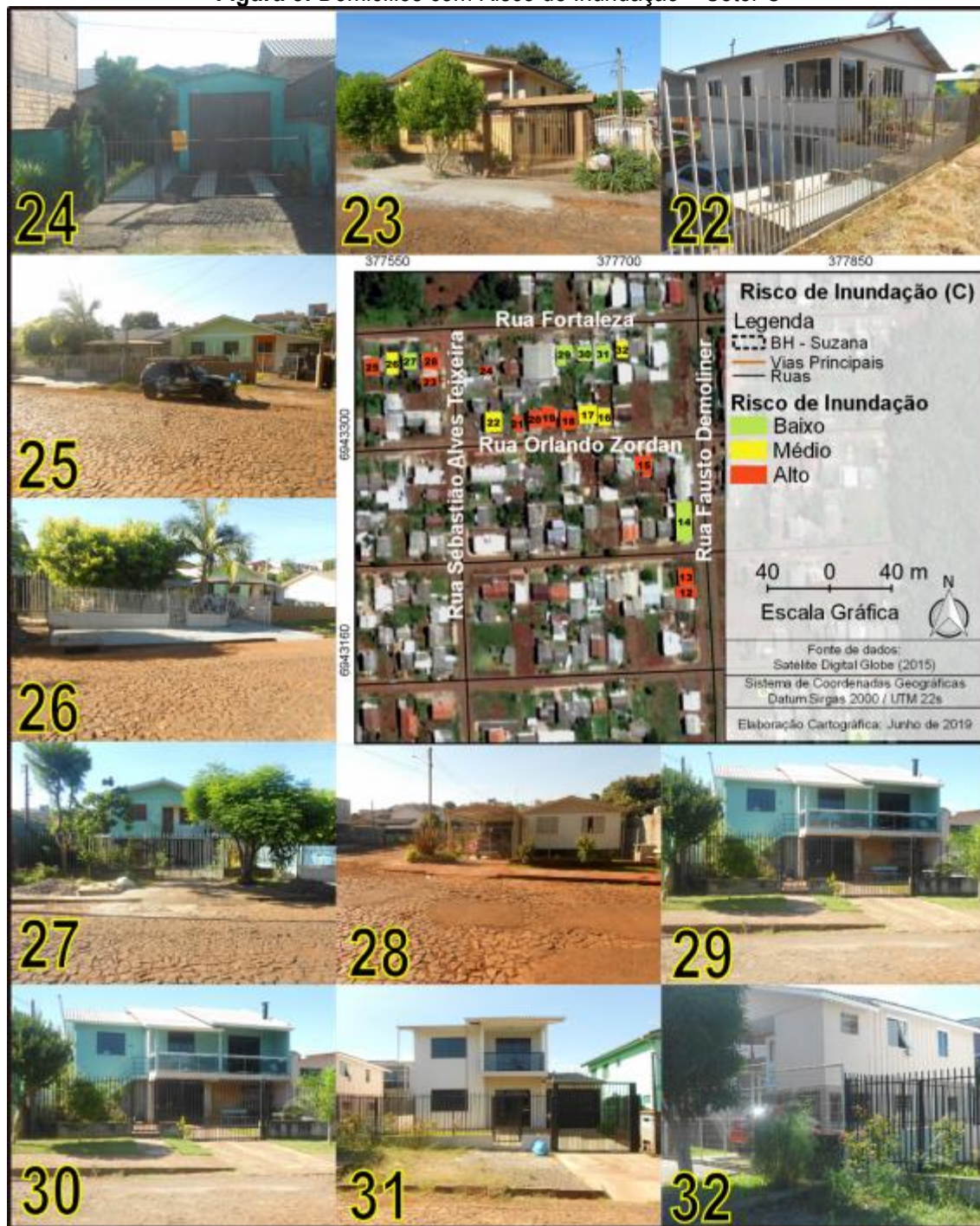
Figura 7: Domicílios com Risco de Inundação – Setor C



Os domicílios que se encontram na Rua Orlando Zordan possuem R3 e R2, os domicílios 15, 20 e 21 tem como características o P3 e V2, assim, possuem R3. As residências 16 e 17 contemplam P3 e V1, logo, correspondem ao R2, já os domicílios 18 e 19 encontram-se sob R3, devido ao P3 e V3. Ainda em relação ao setor C, a residência 22 (Figura 8) encontra-se sobre R2, caracteriza-se com P3 e V1, os domicílios 23, 24 e 25 possuem R3, as moradias 27, 29, 30 e 31 encontram-se caracterizadas com P1 e V2, estando, assim, submetidas ao R1. O domicílio 26 é identificado com P2 e V2,

apresentando R2, a residência 28 possui V3 e P2 o que corresponde ao R3, o último domicílio desse setor, o 32, é identificado com R2, devido ao P1 e a V3.

Figura 8: Domicílios com Risco de Inundação – Setor C



O setor D (Figura 9) contempla quatro domicílios, o 33 está sob R3, devido à sua caracterização com P2 e V3, os domicílios 34 e 35 possuem P1 e V1, assim, identificados como de R1. A residência 36 também corresponde ao R1, mas encontra-se com P1 e V2. Destaca-se na fotografia

do domicílio 36 (Figura 9) a presença de um bueiro localizado na calçada em frente ao domicílio. Esse setor está localizado em uma área plana, próximo ao antigo talvegue do canal original. Com o objetivo de canalizar o canal fluvial, o sistema hidráulico dimensionou as águas fluviais, pluviais e servidas para a mesma tubulação. O processo de inundação ocorre nesse setor a partir de altos volumes pluviométricos. As tubulações não suportam o volume demandado e a água retorna pelo bueiro, ou, ainda, podem ser obstruídas.

Figura 9: Domicílios com Risco de Inundação – Setor D



O último setor (E) contabiliza 18 domicílios (Figura 10) que sofrem com processo de inundação, os domicílios 37, 43 e 44, os quais possuem como características o P2 e V1, sendo identificado como R1. As residências 38, 39 e 41 estão sob R3, visto que eles correspondem ao P3 e V3. O domicílio 40 possui R3, contempla o P3 e V2, o domicílio 42 abrange o R2, com P2 e V2.

Pode-se observar na figura 10 duas fotografias que possuem flechas, a fotografia que apresenta os domicílios 38 e 39, as setas estão indicando a direção do fluxo de água. Pode-se observar nessa fotografia, a localização dos domicílios que se encontram abaixo do nível da rua. Também é importante destacar a rua Domenico Zulian, que apresenta uma linha preta, auxiliando na

visualização do perfil da rua nesse setor. As setas indicam um direcionamento do fluxo das águas para os domicílios 37, 38, 39 e 40.

Figura 10: Domicílios com Risco de Inundação – Setor E



Os domicílios da rua Joaquim Onate, 45, 46, 47, 48 e 49 (Figura 11) foram caracterizados com R2, devido à identificação de P2 e V2. Ao observar a Figura 11 e os domicílios 47 e 48, identifica-se um bueiro. Nesse exemplo, as residências encontram-se com suas áreas de térreo abaixo do nível da rua. Dessa forma, as inundações ocorrem devido à ineficácia das tubulações, em períodos de altos volumes pluviométricos.

Figura 11: Domicílios com Risco de Inundação – Setor E



Na rua Waldyr Arpini, os domicílios 50 e 53 são de R3, devido ao perigo e à vulnerabilidade serem considerados alto, o domicílio 51 também possui R3, mas nessa situação ocorre o P3 e V3. O domicílio 52 possui P3 e V1, assim, esse domicílio é caracterizado como de R2. O último domicílio, o 54, encontra-se na rua Fausto Demoliner, ele foi considerado de R3, compreendendo ao P3 e V2. Em relação a toda bacia hidrográfica, verifica-se que o perigo baixo (P1) corresponde à menor porção, contemplando 15 domicílios, totalizando 28%. O perigo médio (P2) corresponde à maior porção e

foram identificados 20 domicílios, contemplando 37%. O perigo alto (P3), com porção intermediária, que contempla 19 domicílios, apresenta 35%. Portanto, verifica-se a predominância do perigo médio.

A vulnerabilidade baixa (V1) apresenta porção intermediária e está relacionada a 19 domicílios, apresentando 28%. A vulnerabilidade média (V2) possui maior porção entre os domicílios, somando um total de 22 domicílios, apresentando, assim, 41%. A vulnerabilidade alta (V3), em 17 domicílios, encontra-se com porção de 31%, dessa forma, predomina a vulnerabilidade média entre os domicílios analisados.

O risco baixo (R1) na bacia corresponde a apenas 19 domicílios e equivale a menor porção de 35%. O risco médio (R2) está associado a 14 domicílios, que representam 26% dos domicílios que compõem a bacia hidrográfica. O risco alto (R3) possui a maior porção de domicílios, contemplando 39%, dessa forma, foram identificados 21 domicílios. Esses valores demonstram que mesmo em uma área considerada pequena, é possível identificar domicílios condicionados aos processos de risco de inundação.

Considerações Finais

O trabalho além de apresentar contribuição metodológica a respeito do estudo do perigo, da vulnerabilidade e do risco, exalta a importância de um planejamento na execução de loteamentos urbanos. Também auxilia aos órgãos competentes na tomada de decisão e no gerenciamento das áreas de risco no bairro Copas Verdes e na bacia hidrográfica do rio Suzana, o que pode contribuir para minimizar os problemas enfrentados pelos moradores afetados pelo processo de inundação.

Salienta-se, que as variáveis utilizadas para definição do perigo e da vulnerabilidade podem ser replicadas para outras áreas de estudo, porém, é necessário conhecer a realidade local para adequar a necessidade de cada situação. Torna-se importante salientar, que mesmo em uma área de abrangência considerada pequena pode-se identificar diversos domicílios sob situação de risco, assim podendo individualizá-los, e isso não é possível utilizando a escala do setor censitário. O levantamento tornou-se possível devido à coleta de dados em laboratório e campo, elaborando variáveis utilizando o cadastro multifinalitário, com o auxílio dos SIGs.

A partir da metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho, foi possível identificar e caracterizar os domicílios que se encontram em situação de perigo de inundação na bacia hidrográfica do rio Suzana, no bairro Copas Verdes. Destaca-se o papel do trabalho de campo, que possibilitou contabilizar os domicílios e, assim, elaborar variáveis compatíveis com a realidade da bacia hidrográfica, utilizando cadastro multifinalitário. Portanto, em decorrência da tabulação das variáveis do

perigo e da vulnerabilidade conseguiu-se chegar ao mapeamento dos domicílios em situação de risco de inundação.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- AIMON, J. G. S. *Análise espaço-temporal do risco à inundação na área urbana do município de Uruguai/RS*. 2017. 109 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2017.
- ALCÁNTARA-AYALA, I. *Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries*. *Geomorphology*, v.47, p.107-124, 2002.
- ALMEIDA, L. Q. de. *Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia*. Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, 2011.
- _____. *Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.
- ANDRADE, M. I. *Riesgo hídrico y vulnerabilidad en la gestión del territorio*. *Geosp – Espaço e Tempo*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 285-296, 2015.
- ANEAS DE CASTRO, S. D. *Riesgos y peligros: una visión desde la geografía*. Scripta Nova, Barcelona. n. 60, p.1 – 13, 2000.
- AVILA, L. O. *Vulnerabilidade das áreas sob ameaça de desastres naturais na cidade de Santa Maria/RS*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, Brasil, 250 f., 2015.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. *Bacia hidrográfica e qualidade ambiental*. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. T. (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153-192.
- BOTELHO, R. G. M. *Bacias Hidrográficas Urbanas*. In: GUERRA, A. T. (ORG.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 71-115.
- BOTELHO, R. G. M. *Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica*. In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 270-300.
- BRASIL. Portaria Ministerial nº 511, de 7 de dezembro de 2009. *Diretrizes Nacionais para o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM)*. Ministério das Cidades. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 dez. 2009.
- CASTRO, C. M; PEIXOTO, M. N. O; DO RIO, G. A. P. *Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas*. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 28, 2005, p. 11-34.
- CUTTER, S. L. *A ciência da vulnerabilidade: Modelos, métodos e indicadores*. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n. 93, p 59-69, 2011.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. *ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation*. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-manager-guide/license-manager-installation-and-startup.htm/>>. Acesso em: 10 mar. 2016
- ERECHIM. *Plano ambiental municipal*. Secretaria municipal de meio ambiente. Erechim, 2011.
- FERNANDES, N. F; AMARAL, C. *Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológico*. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 123-194.

- FIGHERA, D. T. *Venezuela: vulnerabilidade e indefensabilidade social às ameaças hídricas*. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n. 31, especial, p. 108 - 119, 2012.
- FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de textos, 2008a.
- FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de textos, 2008b.
- FREITAS, R. B. *Estudo e cadastro de áreas de risco de inundação na área urbana do município de restinga Sêca-RS*. 2017. 133 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- FURLAN, A.R; TRENTIN, R. *Proposta para mapeamento de área de risco de inundação em escala de detalhe na bacia hidrográfica do rio Suzana, Erechim, RS*. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 13., 2019, São Paulo, SP, São Paulo: s.l, 2019. 13 p. Disponível em <https://www.enanpege2019.anpege.ggf.br/resources/anais/8/1565368746_ARQUIVO_PROPOSTAPARAMAPEAMENTODEAREADERISCOINUNDACAOEMESCALADEDETALHENABACIAHIDROGRAFICADORIOSUZANA_2.pdf>. Acesso em: 24/05/2020.
- GOERL R.F; KOBIYAMA, M; PELLERIN, J. R. G. M. *Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho/SC*. Boletim de Geografia, Maringá, v. 30, p. 81-100, 2012.
- KNIERIN, I, da S. *Estudo de risco de desastres naturais na Vila Medianeira - área urbana de Faxinal do Soturno – RS*. 2018. 166 p. Dissertação (Mestrado de Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- KNIERIN, I, da S; ROBAINA, L. E. de S; TRENTIN, R. *Estudo da vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na vila medianeira - Faxinal do Soturno – RS*. Caminhos de Geografia, Uberlândia v. 20, n. 69, p. 207-222, 2019.
- MENDONÇA, F. A. *Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental*. RA' EGA, v. 3, p. 67-90, 2000.
- MENDONÇA, F. A. *Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática*. Mercator, Fortaleza, v. 9, número especial 1, p. 153 - 163, 2010.
- MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C; RODRIGUES, C. *Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí - RMSP*. GEOUSP, São Paulo. v. 21, p. 257-283, 2017.
- PEDROSA, A. de S. *O geógrafo como técnico fundamental no processo de gestão dos riscos naturais*. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia. v. 32, n. 1, p. 11-30, jan./jun. 2012
- PESSOA, L. C; REIS FILHO, A. dos; ROCHA, J. V. V. *O cadastro territorial multifinalitário como ferramenta no planejamento urbano*. Brazilian Journal of Development, v. 5, p. 915-926, 2019.
- PRINA, B. Z. *Geotecnologias aplicadas no mapeamento de áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS*. 2015. 127 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- RIBEIRO, W. C. *Riscos e vulnerabilidade urbana no Brasil*. Scripta Nova, Barcelona. n. 60, p. 1 – 11, 2010.
- RIGHI, E. *Risco a inundação em médio curso do Rio Uruguai: um estudo de caso nos municípios de Porto Lucena e São Borja*. 2011, 222 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- RIGHI, E; ROBAINA, L. E. S. *Risco à inundação no médio curso do Rio Uruguai: estudo de caso no município de São Borja - RS*. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 279-286, 2012.
- ROBAINA, L. E. S; OLIVEIRA, E. L. A. *Bases conceituais para o estudo de áreas de risco em ambientes urbanos*. In: ROBAINA, L. E. de S; TRENTIN, R. (Org.). *Desastres naturais no Rio Grande do Sul*. Editora da UFSM, Santa Maria, 2013, p.21 - 35.

- ROBAINA, L. E. S. *Dinâmica do sistema fluvial e desenvolvimento de áreas de risco*. In: ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. (Org.). *Desastres naturais no Rio Grande do Sul*. Santa Maria: Editora da UFSM, 2013, p.97-113.
- ROBAINA, L. E. de S, TRENTIN, R. *Áreas de risco por processos de dinâmica geomorfológica no Rio Grande do Sul: fundamentos e conceitos*. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 38, n. 3, p. 589-607, 2013.
- RODRIGUES, C; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. *A importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido*. Exemplos na grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. do C. O (Org.). *Processos Erosivos e Recuperação de Áreas Degradadas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, p. 66-94.
- THOURET, J. C. *Avaliação, prevenção e gestão dos riscos naturais nas cidades da América Latina*. In: VEYRET, Y (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007, p. 83-112.
- TRENTIN, R; DIAS, D. F. *Estudos de áreas de risco: o caso de Cachoeira do Sul/RS*. Boletim Gaúcho de Geografia, Porto Alegre, n. 41, p. 285-303, 2014.
- VEYRET, Y. *Introdução*. In: _____. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007, p.11-21.
- VEYRET, Y; RICHEMMOND, N. M. de. *O risco, os riscos*. In: VEYRET, Y. (Org.). *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Tradução Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007, p. 23-79.