

ORGANIZADORES
Luís Eduardo de Souza Robaina
Romario Trentin

LABORATÓRIO LAGEOLAM/UFSM

**25 ANOS ESTUDANDO ÁREAS DE RISCO
A DESASTRES NATURAIS**

Volume 3 - 0 período de 2016 a 2021

ORGANIZADORES
Luís Eduardo de Souza Robaina
Romario Trentin

**LABORATÓRIO
LAGEOLAM/UFSM
25 ANOS ESTUDANDO ÁREAS DE RISCO
A DESASTRES NATURAIS**

Volume 3 - O período de 2016 a 2021

FACOS - UFSM

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Centro de Ciências Sociais e Humanas
Departamento de Ciências da Comunicação

Reitor Luciano Schuch
Vice-reitora Martha Bohrer Adaime
Diretora do CCSH Sheila Kocourek
Chefe do Departamento de Ciências da Comunicação Cristina Marques Gomes

FACOS-UFSM

Diretora Editorial Ada Cristina Machado da Silveira
Editora Executiva Sandra Depexe
Conselho Editorial Ada Cristina Machado Silveira (UFSM)
Eduardo Andres Vizer (UBA)
Flavi Ferreira Lisboa Filho (UFSM)
Gisela Cramer (UNAL)
Maria Ivete Trevisan Fossá (UFSM)
Marina Poggi (UNQ)
Monica Marona (UDELAR)
Paulo Cesar Castro (UFRJ)
Sonia Rosa Tedeschi (UEL)
Suzana Bleil de Souza (UFRGS)
Valdir José Morigi (UFRGS)
Valentina Ayrolo (UNMDP)
Veneza Mayora Ronsini (UFSM)
Comitê Técnico Profa. Dra. Sandra Depexe (UFSM)
Acad. Ana Ribeiro (UFSM)
Acad. Larissa Ferreira (UFSM)
Acad. Bruna Paim (UFSM)
Acad. Lucas Braga dos Anjos (UFSM)

Capa Larissa Ferreira



Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons
Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional

O conteúdo dos artigos é de inteira responsabilidade de seus autores,
não representando completa ou parcialmente a opinião da editora ou dos
organizadores deste livro.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Título
LABORATÓRIO LAGEOLAM/UFSM: 25 ANOS ESTUDANDO ÁREAS DE
RISCO A DESASTRES NATURAIS - VOLUME 3 – O PERÍODO DE 2016 A
2021

L123 Laboratório LAGEOLAM/UFSM [recurso eletrônico] : 25 anos estudando
áreas de risco a desastres naturais: volume 3 - o período de 2016 a 2021
/organizadores Luís Eduardo de Souza Robaina, Romario Trentin. –
SantaMaria, RS : FACOS-UFSM, 2023.
1 e-book : il.

ISBN 978-65-5773-053-9

1. Geociências 2. Geologia 3. Geologia ambiental 4. Avaliação dos
riscos ambientais 5. Desastres ambientais 6. Inundações 7. Movimentos
demassa I. Universidade Federal de Santa Maria. Laboratório de Geologia
Ambiental II. Robaina, Luís Eduardo de Souza III. Trentin, Romario

CDU 55
551
504.064.3

Ficha catalográfica elaborada por Lizandra Veleda Arabidian - CRB-10/1492
Biblioteca Central da UFSM

APRESENTAÇÃO

A presente coletânea reúne artigos de autoria de Pesquisadores do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Os artigos aqui apresentados trazem pesquisas bibliográficas para discutir conceitos e classificações, inventários de ocorrência de desastres, metodologias de zoneamentos e estudo de casos. A multiplicidade de olhares a respeito da realidade dos estudo sobre risco é uma característica importante do livro, abordando um tema contemporâneo e relevante no âmbito da pesquisa científica e para a sociedade. A referida publicação estimula a pesquisa científica e a produção de conhecimento em um contexto que, cada vez mais, prioriza a inserção da qualidade acadêmica, juntando um conjunto de pesquisas sobre o tema áreas de risco. A proposta de coletânea pretende ajudar novos pesquisadores da área a entender melhor o tema e qual abordagem é trabalhada pelos profissionais da Geografia no laboratório de pesquisa.

O ESPAÇO GEOGRÁFICO E AS ÁREAS DE RISCO A DESASTRES

O espaço geográfico remete à dimensão espacial dos fenômenos naturais e sociais, sintetizando as interações existentes entre a sociedade e a natureza. Nesse contexto, as áreas de risco surgem como uma interação entre o meio natural e o meio social, ou seja, a natureza impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas são os seres humanos, ao ocupar as áreas suscetíveis, que acabam desencadeando o surgimento do risco e potencializando a ocorrência de desastre. Essa condição é marcadamente expressa nas cidades onde a configuração espacial reflete uma construção/reprodução que acontece de forma desigual e contraditória. As relações sociais e econômicas estão socialmente inseridas numa materialidade espacial, em que o modo de produção veicula seus valores de troca e uso e funciona como um instrumento de concentração de renda. Portanto, o risco somente se configura se um processo específico causa perdas ou danos a um grupo ou população, ou seja, representa uma situação de ameaça para quem habita uma determinada área suscetível à ocorrência de eventos, com as consequências associadas ao grau de vulnerabilidade.

O conhecimento das causas de processos superficiais que podem causar danos e perdas é um dos mais importantes campos do conhecimento geográfico. Entender quais os mecanismos de desencadeamento, funcionamento, frequência e magnitude de um fenômeno é de fundamental importância para o direcionamento de medidas estruturais ou não estruturais que possam mitigar a ocorrência desses processos. Portanto, o zoneamento e o mapeamento de risco são importante instrumento para o planejamento e regulação do uso e ocupação do solo. Esse tipo de mapeamento quando associado às questões geomorfológicas traz resultados mais precisos e satisfatórios para o zoneamento. A síntese dos mapas temáticos e a integração dos parâmetros para a definição adequada dos limites de cada unidade são facilitadas pelas ferramentas de cartografia digital e (SIG) Sistemas de Informação Geográfica. O desafio hoje é congregar esforços de toda a sociedade, em particular das Universidades, para apoiar os municípios para o desenvolvimento de políticas bem-sucedidas e auxiliá-los a implantar estruturas permanentes de prevenção de riscos e de proteção ambiental. Estabelecer os diferentes cenários existentes

é um importante instrumento para auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas, na medida em que permite hierarquizar os problemas, avaliar a necessidade de investimentos e dar suporte técnico ao poder público que, junto com a comunidade, possa encontrar soluções para essas situações.

O TERCEIRO VOLUME DA COLETÂNEA

No terceiro volume da coletânea de trabalhos do LAGEOLAM, estão apresentados 18 artigos desenvolvidos entre 2016 e 2021. Os trabalhos publicados apresentam estudos sobre processos de inundação, realizados nas cidades de Agudo, Restinga Seca e Faxinal do Soturno, na região central; nas cidades de Alegrete e Jaguari, na região oeste, e na cidade de Erechim, na região norte do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, traz estudos sobre movimentos de massa, que foram desenvolvidos na bacia hidrográfica do rio Taquari-Anta, nordeste do Rio Grande do Sul e na cidade de Blumenau, Santa Catarina. Um conceito chave para os estudos de risco está ligado ao chamado sistema receptor e remete à vulnerabilidade das populações afetadas, pois esse elemento é determinante na magnitude dos desastres, como para determinar-se graus de risco. No ano de 2019, publicou-se um trabalho com uma proposta metodológica para estabelecer vulnerabilidade. Outro trabalho desenvolvido pelo grupo de pesquisa foi a proposição de um padrão cartográfico para carta-imagem emergencial de inundação, através da análise das cartas-imagem e mapas de inundação, de diversos trabalhos e através de informações de profissionais que trabalham com mapas de diferentes modos.

ARTIGO	REVISTA	ANO
ANÁLISES DOS DESASTRES NATURAIS NO MUNICÍPIO DE AGUDO/RS	Ciência e Natura, Santa Maria v.38 n.1, 2016, Jan.- Abr. p. 106 – 114. DOI:10.5902/2179-460X18295	2016
OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS E A FORMAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM BLUMENAU-SC	Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 28, p. 269-290, 2016 DOI: 10.12957/geouerj.2016.16695.	2016
PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA CARTA-IMAGEM EMERGENCIAL DE INUNDAÇÃO	Geografia, Ensino & Pesquisa, Vol. 21 (2017), n.3, p. 130-141. ISSN: 2236-4994 DOI: 10.5902/2236499424461	2017
TEMPO DE RETORNO DE INUNDAÇÕES: APLICAÇÃO METODOLÓGICA.	Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 22, n. 3, p. 670-686, dez. 2018. ISSN 2179-0892. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geosp.2018.145266.	2018
BZMAPS: APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE	Geografia, Ensino & Pesquisa, v.23, e29, 2019. ISSN 2236-4994.	2019

GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO	DOI: 10.5902/2236499436842	
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 Mar/2019 p. 207-222. DOI: 10.14393/RCG206941157.	2019
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI/ANTAS	Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 33, p. 85-105, jun. 2019. https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4321	2019
ESTUDO E CADASTRO DE ZONAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA-RS	Boletim Geográfico, Maringá, v. 37, n. 3, p. 85-104, 2019. DOI: 10.4025/bolgeogr.v37i3.39852	2019
PROPOSAL METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF POPULATION VULNERABILITY AT HAZARD AREAS	Mercator, Fortaleza, v. 18, e18004, 2019. ISSN:1984-2201. DOI: 10.4215/rm2019.e18004.	2019
PARÂMETROS GEOMORFOMÉTRICOS PARA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DE BLUMENAU, SANTA CATARINA	Geografia, Ensino & Pesquisa, Santa Maria, v. 23, e42, 2019. DOI: 10.5902/2236499437708.	2019
FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE AGUDO/RS	Geosul, Florianópolis, v. 35, n. 74, p. 501-517, jan./abr. 2020. DOI: 10.5007/1982-5153.2020v35n74p501	2020
ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE ALEGRETE, RIO GRANDE DO SUL: PROBABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DO PERIGO	Caminhos de Geografia Uberlândia-MG v. 21, n. 74 Abr/2020 p. 213–225. DOI: 10.14393/RCG217450113.	2020
DIAGNÓSTICO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS ENTRE OS ANOS 1960-2015	Revista GeoNordeste, São Cristóvão, Ano XXXII, n. 1, p. 60-76, Jan./Jun. 2021. ISSN: 2318-2695. DOI 10.33360/RGN.2318-2695.2021.i1.p.60-76	2021
ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO NA CIDADE DO ALEGRETE/RS	Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1678—698X. DOI: 10.5016/estgeo.v19i2.14497.	2021
ZONEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE, RS	RA'EGA, Curitiba, PR, V.50, p. 136 – 152, 04/2021. ISSN eletrônico 2177-2738. DOI: 10.5380/raega.v50i0.69424.	2021
MAPEAMENTO DOS DOMICÍLIOS EM RISCO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO UTILIZANDO DADOS MULTIFINALITÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUZANA, ERECHIM, RS	Revista Geografar - Curitiba, v.16, n.2, p.486-509, jul. a dez./2021. DOI: 10.5380/geografar.v16i2.79076	2021
URBANIZAÇÃO E EXPOSIÇÃO AO PERIGO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO HENRIQUE, ERECHIM, RS	ACTA Geográfica, Boa Vista, v.15, n.37, jan./abr. de 2021. Pp. 246-270. eISSN 2177-4307. DOI: 10.18227/2177-4307.acta.v15i37.5896	2021
ANÁLISE DOS PERIGOS AOS MOVIMENTOS DE MASSA E ENXURRADAS NA VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO – RS	Geografia, Ensino & Pesquisa, Santa Maria, v. 26, e16, 2021 DOI: 10.5902/2236499447119.	2021

Autores

Anderson Augusto Volpato Scoti - Bacharel em Geografia, formado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Geografia pela UFSM. Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-Doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Tem experiência em Geoprocessamento e Análise Ambiental.

André Ricardo Furlan - Possui graduação em Geografia - Licenciatura (2016) pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* de Erechim, RS e mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) . Atualmente, é doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) . Compõe o Núcleo de Estudos Território, Ambiente e Paisagem (NETAP/UFFS) e o Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM/UFSM). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, atuando nas seguintes temáticas: Bacia Hidrográfica, Geomorfologia, Uso e Ocupação da Terra e Áreas de Risco.

Andréa Valli Nummer - Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1987), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996) e doutorado em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003). Pós-Doutorado na Faculdade de Letras - Universidade do Porto, Portugal (2022). Atualmente, é professora Titular da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia de Engenharia e Ambiental, atuando, principalmente, nos seguintes temas: erosão, movimentos de massa, geologia ambiental e geomorfologia.

Angéli Aline Behling – Possui graduação em Geografia Licenciatura - UFSM, Mestre em Geografia – UFSM. Atualmente, é Professora do Município de São Gabriel/RS. Tem experiência na área de Geografia, atuando, principalmente, nos seguintes temas: recursos didáticos, educação ambiental, Movimentos de Massa, bacia hidrográfica, rede de drenagem e rio Ibicuí. Experiências de desenvolvimento de atividades pedagógicas em sala de aula, na rede pública e privada de ensino.

Bruno Zucuni Prina - Possui Graduação em Geoprocessamento pela Universidade Federal de Santa Maria (2013), Aperfeiçoamento no Programa Especial de Graduação - Formação de Professores para a Educação Profissional - pela UFSM (2015), Técnico em Geomática pela UFSM (2011), Mestrado em Geografia pela UFSM (2015) e Doutorado em Geografia pela UFSM (2019). Atualmente, é Técnico de Laboratório, na área de Geotecnologia e Topografia, junto a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* de Erechim (RS). Tem experiência na área de Geoprocessamento, atuando, principalmente, nos seguintes temas: Sensoriamento Remoto, Cartografia, Topografia, Geodésia, Cartografia, Georreferenciamento de Imóveis Rurais.

Daniel Junges Menezes - Graduado em Geografia - Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria (2011). Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2014). Graduado em Geografia - Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2015). Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2018). Possui capacitação para o desenvolvimento de atividades e operações associadas à utilização de SIGs e demais ferramentas de Geoprocessamento para obtenção e manipulação de dados espaciais. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental, Cartografia e análise de áreas de risco, tendo participação em projetos de pesquisa e extensão vinculados ao Laboratório de Geologia Ambiental - LAGEOLAM/UFSM (2009 - 2019). Atualmente, ocupa o cargo de Geógrafo junto à Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União - Ministério da Economia, com atuação na área de Geoinformação.

Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio - Possui graduação em Engenharia Civil pela Escola Politécnica (1973) e mestrado em Engenharia de Irrigação pela Universidade Federal da Paraíba (1976). Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, em andamento. Especialização em Justiça Restaurativa e Mediação de Conflitos no Âmbito Público e Privado, pela Faculdade de Direito de Santa Maria/RS (FADISMA). Tem experiência profissional no magistério superior, atua como perito judicial há mais de 20 anos, em questões relacionadas às engenharias, Engenharia de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente.

Guilherme Cardoso da Silva - Possui graduação em Geografia (bacharelado), na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e graduação em Geografia Licenciatura Plena, pelo Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. Possui especialização em Geomática (PPGG-UFSM) e Mestrado e Doutorado em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO-UFSM). Foi professor do Instituto Federal Farroupilha e de pós-graduação (Universidade Regional Integrada - URI).

Igor da Silva Knierin - Possui Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, Especialização em Administração Escolar e Orientação Educacional pelo Centro Universitário UNIFAEL, Especialização em Ensino de Geografia pela Universidade Candido Mendes e Graduação em Geografia - Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Áreas de Risco. Atua como professor de Geografia nos municípios de Sapiranga e Nova Hartz.

Luís Eduardo de Souza Robaina - Possui graduação em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) (1984), mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1990), doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1999) e Pós-Doutorado na Universidade do Porto, Portugal e na Universidade du Maine, Le Mans/França. Atualmente, é professor/pesquisador colaborador do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e professor titular da Universidade Federal de Santa Maria.

Rafael Bilhan Freitas - Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria. Graduado Bacharel em Geografia na Universidade Federal de Santa Maria, integrante do grupo de pesquisa LAGEOLAM (Laboratório de Geologia Ambiental) com trabalhos desenvolvidos na área de desastres naturais desde 2011.

Romario Trentin - Possui Graduação em Geografia Licenciatura pela Universidade Federal de Santa Maria (2004), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2007) e Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) (2011). Pós-Doutorado em Geografia pela Le Mans Université, França (2021) pelo PrInt - Programa de Institucional de Internacionalização. Atualmente, é professor titular do Departamento de Geociências, do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria.

Tania Maria Sausen - Licenciada em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) (1973), mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (1980) e doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (USP) (1988). Iniciou suas atividades no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE (1975), onde desenvolveu atividades de pesquisa em geomorfologia fluvial. Aposentou-se como Pesquisadora Nível III do INPE em 21 de maio de 2014. Sócia consultora da GS Engenharia Ltda. desde maio de 2013. Editora para América Latina da Geospatial Digest, da Geospatial Media & Communication desde agosto de 2014. Presta consultoria nas áreas de desastres naturais e educação espacial. Em julho de 2017 obteve o título de Sommelier Internazionale outorgado pela FISAR/WTO/UCS.

Tanice Cristina Kormann – Possui Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2012), mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2014) e doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2022). Atua como analista ambiental, desenvolvendo atividades de análise espacial e socioeconômica no licenciamento e planejamento ambiental da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler - RS.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	5
ARTIGO 1. ANÁLISES DOS DESASTRES NATURAIS NO MÚNICIPIO DE AGUDO/RS.....	14
ARTIGO 2. OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS E A FORMAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM BLUMENAU-SC.....	28
ARTIGO 3. PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA CARTA-IMAGEM EMERGENCIAL DE INUNDAÇÃO.....	48
ARTIGO 4. TEMPO DE RETORNO DE INUNDAÇÕES: APLICAÇÃO METODOLÓGICA.....	72
ARTIGO 5. BZMAPS: APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO.....	91
ARTIGO 6. ESTUDO DA VULNERABILIDADE FÍSICA DAS EDIFICAÇÕES EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA E ENXURRADAS NA VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO - RS	103
ARTIGO 7. SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI/ANTAS.....	124
ARTIGO 8. ESTUDO E CADASTRO DE ZONAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RESTINGA SÉCA-RS.....	145
ARTIGO 9. PROPOSAL METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF POPULATION VULNERABILITY AT HAZARD AREAS.....	172
ARTIGO 10. PARÂMETROS GEOMORFOMÉTRICOS PARA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DE BLUMENAU, SANTA CATARINA.....	188
ARTIGO 11. FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE AGUDO/RS.....	208
ARTIGO 12. ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE ALEGRETE, RIO GRANDE DO SUL: PROBABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DO PERIGO.....	224

ARTIGO 13. DIAGNÓSTICO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS ENTRE OS ANOS 1960-2015.....	240
ARTIGO 14. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO SUSCETÍVEL A INUNDAÇÃO NA CIDADE DO ALEGRETE/RS.....	258
ARTIGO 15. ZONEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE, RS.....	279
ARTIGO 16. MAPEAMENTO DOS DOMICÍLIOS EM RISCO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO UTILIZANDO DADOS MULTIFINALITÁRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUZANA, ERECHIM, RS.....	297
ARTIGO 17. URBANIZAÇÃO E EXPOSIÇÃO AO PERIGO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO HENRIQUE, ERECHIM, RS.....	322
ARTIGO 18. ANÁLISE DOS PERIGOS AOS MOVIMENTOS DE MASSA E ENXURRADAS NA VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO – RS.....	345

ANÁLISES DOS DESASTRES NATURAIS NO MUNICÍPIO DE AGUDO/RS

Angéli Aline Behling; Romario Trentin

DOI:10.5902/2179-460X18295

Resumo: O presente trabalho aborda a temática dos Desastres Naturais, sendo que o tema apresenta-se rotineiro na vida de muitas pessoas em todo o mundo, gerando grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais às populações atingidas. Nesse contexto, o referido estudo visou buscar os registros de ocorrências de desastres naturais no município de Agudo, RS, e relacioná-los com as perdas tanto materiais públicas e privadas, quanto humanas decorrentes desses eventos. O município de Agudo é localizado pelas coordenadas 29° 38' 42" S e 53° 14' 24" O, do seu centro urbano municipal, distante 250 km da capital, Porto Alegre. O município possui 59% de sua população residindo na zona rural e 41% na sua zona urbana, sendo banhado pelo Rio Jacuí, muito importante para a agricultura municipal. Ao analisar os mais diferentes fenômenos no município, constatou-se que ele possui características de áreas de risco devido sua estrutura geomorfológica. A partir disso, obteve-se ressaltos dos diversos desastres no município, desde inundações, estiagem, vendavais, sendo que eles atingem a população residente no município de Agudo seja de forma direta ou indireta.

Palavras-chave: Desastres Naturais; Município de Agudo; Análise.

ANALYSIS OF NATURAL DISASTERS IN THE MUNICIPALITY OF AGUDO / RS

Abstract: This work is developing on the subject of Natural Disasters, and the same has become routine in the lives of many people around the world, thereby generating large socioeconomic and environmental damage the affected people. In this context, this study developed in the town of Agudo, RS, with a view event logs in the city, located by the coordinates 29 ° 38 '42 "S and 53 ° 14' 24" O, its municipal urban center, far 250 km from the capital Porto Alegre. The city has 59% of its population residing in rural areas and 41% in its urban area and borders the Rio Jacuí, very important for the municipal agriculture. By analyzing the most different phenomena in the municipality consisted that it has risk areas due to its geomorphological characteristics structure. From this it got rebounds of various disasters in the city from floods, drought, windstorms, and the even reach the population is right or indirectly the resident population of the municipality of Agudo.

Keywords: Natural Disasters; Municipal of Agudo; Analysis.

INTRODUÇÃO

No município de Agudo, os desastres naturais mais propícios à ocorrência e a causarem maiores impactos ambientais, sociais e econômicos são as inundações, popularmente conhecidas como enchentes. As áreas mais afetadas por esses desastres estão às margens do Rio Jacuí, onde se encontra a várzea de inundação do referido rio, correspondente a áreas de cultivo de arroz. Outros desastres que ocorrem no município, porém em menor escala, são os vendavais e a estiagem.

Ressalta-se ainda que devido ao município apresentar grande área com significativa inclinação no terreno, que favorece o escoamento, contribuindo para causar danos, pois as enxurradas são típicas de regiões acidentadas e normalmente ocorrem em bacias de médio e de pequeno porte.

A partir disso, entende-se que o vendaval pode ser definido como um deslocamento intenso de ar na superfície terrestre, devido, principalmente, às diferenças no gradiente de pressão atmosférica, aos movimentos descendentes e ascendentes do ar e à rugosidade do terreno (VIANELLO E ALVES, 1992).

O relevo pode ser um contribuinte significativo para a intensificação dos ventos. Por exemplo, Davenport et al (1985) afirmam que o vento aumenta consideravelmente de velocidade quando atinge a encosta de uma montanha, alcançando seu pico máximo na linha de crista ou cume, pode-se entender melhor o comportamento do vento em relação à topografia.

A agricultura é um dos setores econômicos do município que mais sofre com esse fenômeno, pois plantações inteiras podem ser destruídas dependendo da intensidade do evento.

Contanto a estiagem refere-se a um período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 2003). A forma crônica desse fenômeno é denominada como seca, considerada, atualmente, como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo. Isso se deve ao fato de que ela ocorre durante longos períodos de tempo, afetando grandes extensões territoriais (CAMPOS, 1997).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo buscar os registros de ocorrências de desastres naturais no município de Agudo, RS, e relacioná-los com as perdas tanto materiais públicas e privadas, quanto humanas decorrentes desses eventos.

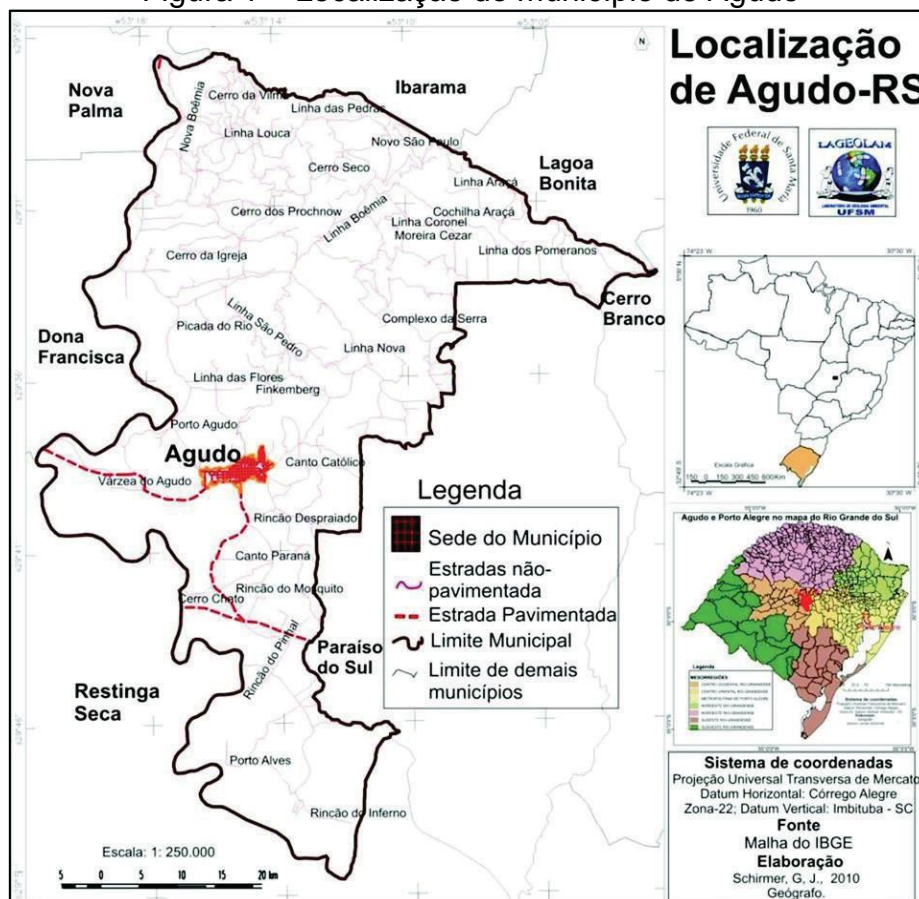
Caracterização da Área de Estudo

Este estudo foi realizado no município de Agudo, localizado pelas coordenadas 29° 38' 42" S e 53° 14' 24" O, do seu centro urbano (Figura 1). Esse município contribui para a composição da Quarta Colônia, tendo, como limites municipais: Cerro Branco, Nova Palma, Ibarama, Lagoa Bonita do Sul, Restinga Seca, Paraíso do Sul e Dona Francisca.

Agudo é conhecido por ser um município de pequena área de extensão, em relação aos demais municípios de Quarta Colônia. A base da economia em âmbito rural é a produção de fumo nas encostas e áreas mais declivosas e arroz

nas várzeas do Rio Jacuí; contudo, ainda, o seu centro urbano detém-se em torno dessas culturas produzidas para sua sobrevivência.

Figura 1 – Localização do município de Agudo



Org.: SCHIRMER, G., J., 2010.

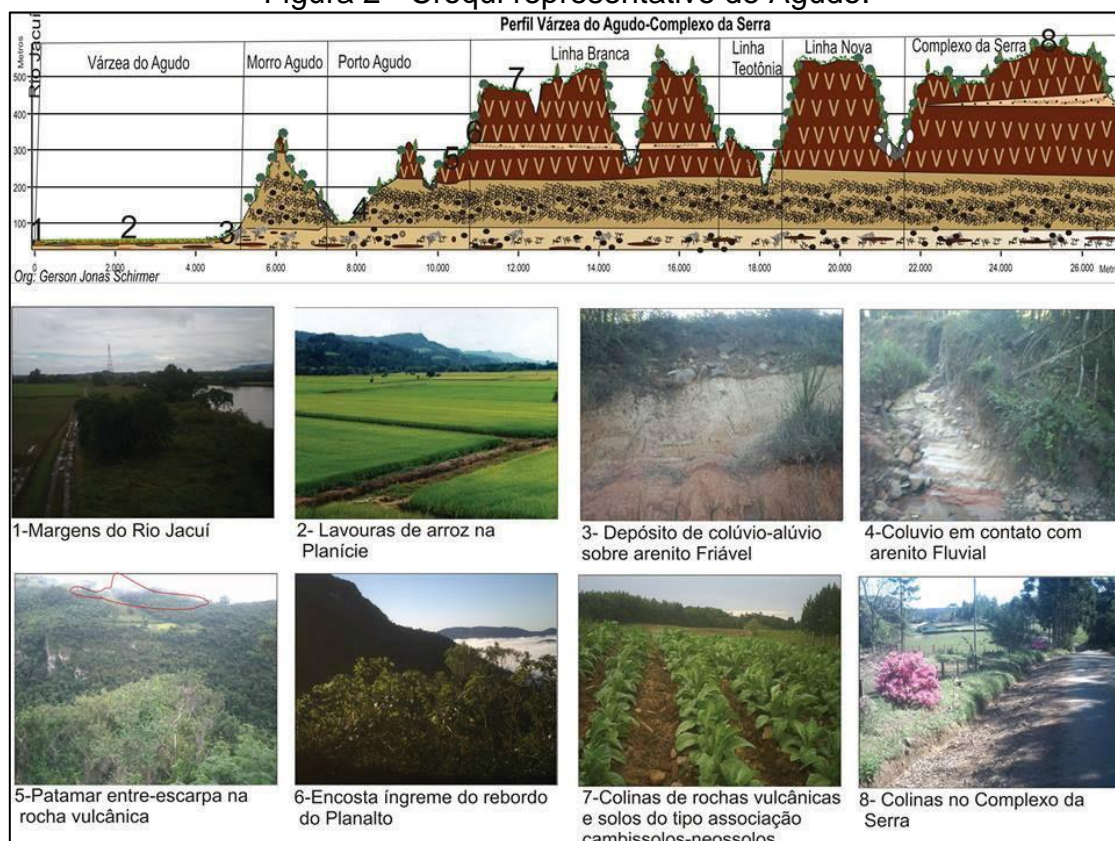
Nos últimos anos, o número de registros de ocorrências de desastres ambientais aumentou, tornando-se frequente na vida da população agudense. Eles atingiram a comunidade com grande intensidade e, com isso, ocasionando perdas, desde materiais, humanas, públicas e privadas.

Dessa forma, identificou-se a presença de enxurrada ou inundação brusca, vendavais e estiagem, que atingiram o município em grande escala, com perdas na produção agrícola, além de quedas de pontes, bloqueando estradas e prejudicando o deslocamento de pessoas e da própria produção municipal. Ainda se obtém registros de danos tanto em instalações de obras como prejuízos no setor agrícola, com a cultura fumageira, sendo que muitos plantam a sua produção às margens de cursos d'água.

Caracterização geomorfológica

Enfatizando a parte ambiental, as características geomorfológicas são analisadas de modo a identificar-se as relações do homem com o meio. Em um primeiro aspecto, tem-se uma representação topográfica do município através de um croqui representativo, sendo que ele apresenta os diferentes tipos de paisagem que compõem a unidade municipal de Agudo (Figura 2).

Figura 2 - Croqui representativo de Agudo.

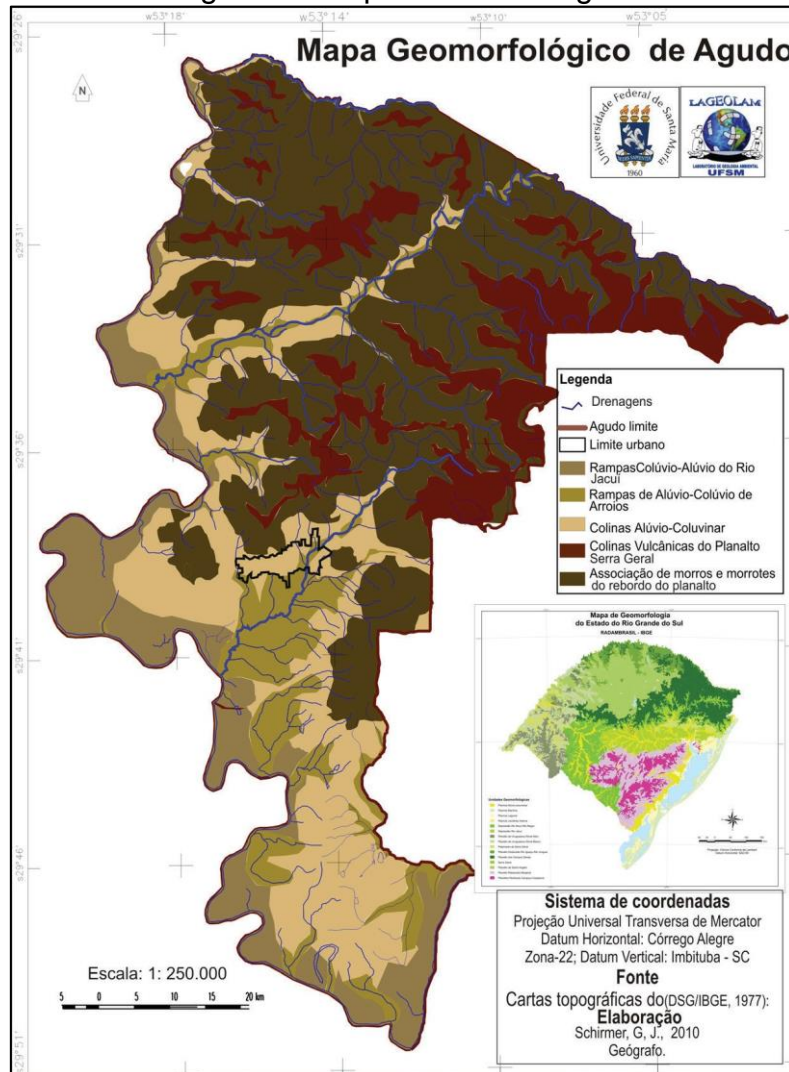


Org.: SCHIRMER, G., J., 2010.

O croqui representa, em seu extremo superior, as características geomorfológicas, tendo-se em vista o perfil topográfico do município de Agudo, com seus diversos níveis altímetros. A cada nível do croqui está associado um número que corresponde a uma unidade geoambiental do município de Agudo definida por Schirmer, (2010), podendo-se, dessa forma, visualizar a disparidade geomorfológica e geológica entre elas. Conforme Schirmer (2010), observa-se, no mapa geomorfológico (Figura 3), que o município apresenta a sua unidade municipal em classificação segundo a denominação RADAM BRASIL – IBGE, sendo que as porções mais elevadas do município pertencem ao Planalto Serra

Geral, as porções de encostas pertencem à Serra Geral e suas porções de menor elevação, à Depressão Periférica do Jacuí.

Figura 3 - Mapa Geomorfológico



Org.: SCHIRMER, G., J., 2010

De acordo com determinada porção geomorfológica, tem-se uma produção agrícola associada a ela, sendo que, nas porções mais elevadas pertencentes a Serra Geral, há a produção de fumo, que é a segunda maior produção da unidade municipal de Agudo, localizada em áreas de difícil acesso, apresentando-se como uma produção familiar, ou seja, em menor área. Já nas porções da Depressão Periférica, ou seja, as áreas de planícies do município, tem-se a presença da produção agrícola com maior relevância em seu território, o produto de maior potencial econômico do município, o arroz, sendo este

produzido em grande escala nessas áreas próximas ao curso d'água da unidade municipal.

Dessa forma, tem-se o croqui como referência de diferenciação de altitude no município e o mapa geomorfológico para sua caracterização mais específica, em que se tem a perspectiva que a porção norte tem sua economia baseada nas atividades agrícolas com o cultivo do fumo como o principal produto, enquanto a porção sul baseia-se no cultivo do arroz. Essas duas produções são as que se destacam na agricultura do município. Com base na proporção norte-sul a diferenciação apresenta-se, em parte, devido ao relevo local.

O norte do município é composto por morros e morrotes com vertentes de declividade acentuada, caracterizando-se como área de transição entre o Planalto e a Depressão Central gaúcha, conhecida como rebordo do Planalto (Müller Filho, 1970). Com isso, o meio favorece a fumicultura, estando ainda associada com outras atividades que não utilizam grandes áreas de lavouras, tendo assim a concentração de agricultura familiar. Ao sul e sudoeste do município, tem-se a planície de inundação do Rio Jacuí com depósitos aluviais, proporcionando o plantio do arroz.

METODOLOGIA

O trabalho desenvolveu-se, basicamente, através de quatro etapas. Primeiramente apresentou-se, um levantamento bibliográfico; em seguida uma análise de documentos fornecidos através de órgãos secundários do município, e por último a divulgação dos dados obtidos na pesquisa, em entidades do referido município de Agudo/RS.

Em relação à primeira etapa, constituiu-se do levantamento bibliográfico, sendo realizado através da consulta, leitura e seleção de uma série de bibliografias relacionadas à temática e, para um melhor entendimento, consultas em trabalhos específicos sobre a área de estudo. Pesquisas complementares, direcionadas ao entendimento de cada procedimento executado durante os levantamentos, foram efetuadas no decorrer de cada etapa até a finalização da pesquisa.

A partir do levantamento bibliográfico, que se realizou conforme a temática atribuída para o estudo, necessitou-se uma análise técnica, dessa forma, manteve-se contato com órgãos do município, ou seja, Defesa Civil e a

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), pois, por meio dessas entidades públicas, obteve-se acesso aos formulários de avaliação de danos (AVADAN), podendo, com isso, identificar os prejuízos no município em períodos de pronunciamento dos eventos registrados no local. Desse modo, realizou-se uma análise dos prejuízos socioeconômicos e ambientais nos anos de ocorrência.

A Saída a Campo foi realizada no mês decorrente de outubro (2014), sendo que ele foi escolhido para melhor entendimento das áreas com maior registro dos fenômenos, identificados em forma de inundação, enxurrada, vendaval e estiagem e, a partir daí, realizou-se um melhor entendimento de lugar, pois eles interdependem da área de pronunciamento, sendo que o município em questão apresenta paisagens diversificadas, identificando-se áreas de morros e planícies (Várzeas). Contudo, dependendo do lugar, os diferentes fenômenos pronunciam-se com maior intensidade e frequência, tendo em vista outro fato significativo para tais ocorrências, ou seja, seus acidentes geográficos, pois, em Agudo, consta uma das principais bacias hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul, o Rio Jacuí.

Devido a esse fato geográfico, o município sofre com grandes precipitações de cheias, sendo que, com longos períodos de chuva, a comunidade depara-se com as tão conhecidas enchentes, porém, no município, tem-se indícios de inundações, ou seja, águas com nível de vazão além de sua área de várzea, sendo que, com isso, muitas produções em seu interior são atingidas.

Assim sendo, observou-se na saída a campo um relevo variado, suas disparidades ao longo do município e a necessidade de informação que a comunidade residente necessita em relação a esses acontecimentos. Após o campo, ocorreu a parte mais prática do trabalho, quando se realizou a ida até a comunidade agudense para informar e transmitir os resultados alcançados durante um ano de pesquisa. Em um primeiro momento, realizou-se de forma mais didática, em uma escola do município e, por segundo, na EMATER com dados mais técnicos.

Tendo em vista a apresentação do trabalho, informou-se a comunidade, de maneira cautelosa, os procedimentos que se realizou durante a pesquisa. Sendo que, na primeira etapa, obteve-se o levantamento bibliográfico referente

à temática e trabalhos realizados sobre o município em questão e, na sequência, a análise mais detalhada sobre quais eventos manifestam-se no município, com mais frequência e constância, tendo em vista o lugar de cada acontecimento. Após essa etapa de análise e investigação, realizou-se uma saída a campo para que obter uma melhor perspectiva do ambiente, verificando quais as cicatrizes apresentadas que o município possui após as ocorrências, dessa forma, analisando os aspectos físicos que se poderia encontrar.

Por último, uma perspectiva de se enfatizar uma maneira mais fácil de divulgação. Todas essas perspectivas e etapas foram divulgadas em duas palestras mediadoras, em que, na escola, teve-se a técnica da problematização, ou seja, conhecer o problema e preveni-lo, na segunda em forma convencional, ou seja, transmissão de informações, por ser uma entidade pública, onde já se trabalha com dados técnicos.

RESULTADOS

O estudo no município de Agudo deteve-se na obtenção de dados de enxurradas ou inundações bruscas, vendavais e de estiagem. Com isso, identificou-se suas causas e danos, com prejuízos para a população em âmbito socioeconômico e ambiental.

A partir dos fatos ocorridos pelos desastres naturais, realizou-se uma análise de sua ocorrência e dos prejuízos causados, tanto danos econômicos como ambientais. Dessa forma, identificou-se, no ano de 2009, uma enxurrada ou inundação brusca, atingindo grande área do município, como se pode verificar no Quadro 1 e Figura 4 e 5. Em seguida, o ano de 2012 apresentou dois eventos em seu decorrer, o primeiro foi um fenômeno natural, sendo considerado como estiagem, que ocorreu em janeiro daquele ano (Quadro 2 e Figura 6 e 7) e, em dezembro, com o vendaval (Quadro 3 e Figura 8). No ano de 2013, identificou-se novamente uma enxurrada, que ocorreu no mês de novembro, como se pode visualizar no Quadro 4 e Figura 9.

A enxurrada ou inundação brusca registrada em 2009 atingiu tanto a área urbana quanto a rural do município, afetando 8.985 pessoas. A principal causa foi as fortes chuvas ocorridas em um pequeno espaço de tempo, causando prejuízos na agricultura e danos nas infraestruturas do município, como por exemplo as estradas. Conforme laudo da Secretaria de Obras e de Trânsito do

Município, os prejuízos socioeconômicos eram de R\$ 1.840.000,00 e, conforme laudo da EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural), os prejuízos na agricultura eram de R\$ 15.790.500,00, sendo que, com isso, houve um total de prejuízos durante o ano que chegou a R\$ 17.630.500,00. Em 2012, o fenômeno que atingiu, primeiramente, o município foi o da estiagem, propagando-se de igual intensidade tanto em âmbito rural quanto em urbano. Caracterizou como uma estiagem prolongada, tendo registrado 309 mm de chuva a menos que a precipitações anuais do município, com início no mês de outubro, acentuando-se em novembro e, principalmente, em dezembro, com forte radiação solar.

Quadro 1 – Enxurrada ou Inundação Brusca – 2009

<i>DESASTRE NATURAL</i>	<i>DOMINAÇÃO: ENXURRADA OU INUNDAÇÃO BRUSCA</i>		<i>DATA DE OCORRÊNCIA</i>			
Localização	UF: RS	Município: Agudo	Dia: 30	Mês: 11	Ano: 2009	Hora: 12:00
Área Afetada	Setores		Total Mil R\$			
Ocupação	Agrícola e Turístico		-			
Danos Humanos	Afetados		8.985 pessoas			
Danos Materiais	Infraestrutura		R\$ 1.840,00			
Danos Ambientais	Sem danos		-			
Danos Econômicos	Agricultura		R\$ 15.790,50			
Danos Sociais	Sem danos		-			

Fonte: Adaptado Defesa Civil de Agudo – AVADAN Org.: BEHLING. A., A., 2014

Figura 4 -Enxurrada ou Inundação Brusca no Município de Agudo/RS-2009



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo / RS

Figura 5 -Enxurrada ou Inundação Brusca no Município de Agudo/RS-2009



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo/RS

Quadro 2 – Estiagem - 2012

Desastre Natural	Dominação: Estiagem		Data de ocorrência			
	UF: RS	Município: Agudo	Dia: 04	Mês: 01	Ano: 2012	Hora: 14:00
Localização						
Área afetada	Setores		Prejuízos Total Mil R\$			
Ocupação	Agrícola e pecuária		-			
Danos Humanos	Afetados		16.722 pessoas			
Danos Materiais	Sem danos		-			
Danos Ambientais	Sem danos		-			
Danos Econômicos	Agricultura e pecuária		R\$ 31.459,49 R\$ 5.785,45			
Danos Sociais	Abastecimento d'água		R\$ 150,00			

Fonte: Defesa Civil de Agudo – AVADAN Org.: BEHLING. A., A., 2014

Figura 6 - Estiagem no Município de Agudo/RS- 2012



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo/RS

Figura 7 - Estiagem no Município de Agudo/RS- 2012



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo/RS

Quadro 3 – Vendaval - 2012

Desastre Natural	Dominação: Vendaval		Data da ocorrência			
	Localização	UF: RS	Município: Agudo	Dia: 31	Mês: 12	Anos: 2012
Área afetada	Setores		Prejuízos Total Mil R\$			
Ocupação	Residencial, comercial e agrícola		-			
Danos Humanos	Enfermos, desalojados e outros		500 pessoas			
Danos Materiais	Unidades habitacionais, instalações públicas de saúde e instalações públicas de ensino		R\$ 247.350,00			
Danos Ambientais	Sem danos		-			
Danos Econômicos públicos	Assistência médica e sistema de limpeza		R\$ 8.100,00			
Danos Econômicos privados	Agricultura, comércio e serviços		R\$ 5.154.500,00-			
Danos Sociais	Sem danos		-			

Fonte: Adaptado Defesa Civil de Agudo – AVADAN Org.: BEHLING. A., A., 2014

Figura 8 - Vendaval no Município de Agudo/RS-2012



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo/RS

Figura 9 - Enxurrada ou Inundação Brusca no Município de Agudo – 2013



Fonte: Defesa Civil do Município de Agudo/RS

Quadro 4 – Enxurrada ou Inundação Brusca - 2013

Desastre Natural	Dominação: Enxurrada ou Inundação brusca		Data da ocorrência			
	UF: RS	Município: Agudo	Dia: 11	Mês: 11	Anos: 2013	Hora: 11:00
Área afetada	Setores		Prejuízos Total Mil R\$			
Ocupação	Agrícola e turístico		-			
Danos Humanos	Desabrigados e afetados		53 pessoas			
Danos Materiais	Infraestrutura		R\$ 860.000,00			
Danos Ambientais	Sem danos		-			
Danos Econômicos públicos	Sistema de limpeza e transporte local		R\$ 860.000,00			
Danos Econômicos privados	Agricultura		R\$ 1.348.950,00-			
Danos Sociais	Sem danos		-			

Fonte: Adaptado Defesa Civil Agudo – AVADAN Org.: BEHLING., A., A., 2014

O período encontrou-se com precipitações abaixo da média histórica do município de Agudo, não permitindo armazenamento em lençol freático e açudes, com redução drástica dos mananciais hídricos nas fontes, açudes, sangas e arroios. Devido à ocorrência desse evento, além de danos econômicos, teve-se também danos sociais, de modo que a Secretaria de Obras transportou, desde o final do mês de outubro, uma média de 34m³ de água por dia.

Já o segundo evento ocorrido no município em 2012 foi um vendaval atingindo parte da área urbana, correspondendo a toda Vila Caiçara, no centro do município às Ruas Euclides Kliemann, Isidoro Neves, Capitão Gama, Independência, Borges de Medeiro, General Flores, Voluntários da Pátria, Duque de Caxias e Paul Harris, e, na sua parte rural, foram atingidas as localidades de linha Teutônia, Rincão Despraiado, Linha Boêmia, Nova Boêmia, Cerro dos Prochnow e Cerro Chato. As suas principais causas foram fortes rajadas de vento que atingiram o município em pequeno espaço de tempo no dia 31 de dezembro de 2012, seguida de chuva, causando danos em residências, comércio, agricultura, Centros Comunitários (Igrejas e Pavilhões) e órgãos públicos, segundo Defesa Civil-AVADAN (Formulário de Avaliação de Danos).

Segundo a Defesa Civil – AVADAN, o município sofreu com diversos tipos de danos. Como danos humanos, registraram-se o deslocamento de pessoas que tiveram suas residências atingidas para outras residências (de parentes, vizinhos, etc), outras foram afetadas pela falta de energia elétrica e registrou-se o atendimento a uma pessoa que entrou em estado de depressão. Em relação aos danos materiais, identificaram-se danos em telhados de residências, eletrodomésticos, roupas e alimentos, telhados de instalações públicas como escolas, posto de saúde, entre outros. Também se apresentaram prejuízos

econômicos, públicos com a realização da limpeza dos restos das madeiras e dos telhados entre outros, privados com prejuízos na produção de tabaco, sendo esse produto com um valor muito rentável na receita do município, entre outros prejuízos como reinstalação de postes, para restabelecer a energia elétrica aos agudenses.

Em vista de análises em relação ao ano de 2013, identificou-se que toda a área urbana e rural foi afetada novamente por uma enxurrada ou inundação brusca, tendo-se, como principais causas e efeitos do desastre, as fortes chuvas em um pequeno espaço de tempo no dia 11 de novembro de 2013, ocasionando transbordamento de córregos, acarretando alagamento nas ruas da área urbana e estragos nas estradas de todo o interior do município. Registrou-se, contudo, tanto destruição de cabeceiras de pontes e pontilhões, como também danificações nas tubulações das estradas municipais, segundo a Defesa Civil – AVADAN.

Conforme a Defesa Civil - AVADAN, o município enfrentou tantos danos materiais, econômicos públicos e privados. Conforme relato do setor da engenharia da Prefeitura Municipal, os danos materiais foram identificados com danificação dos vários encontros de pontes nas linhas do município, trasbordos graves na área urbana devido aos alargamentos, danificações nas estradas com deslizamento de terra, danificações nas tubulações que drenam as estradas de terra.

Em relação ao setor público, o decreto da avaliação dos danos informa que os prejuízos constaram em realização de obras de recuperação emergencial nas estradas municipais, aterros de pontes, colocação de tubulação nos locais de emergências, bem como recuperação e limpeza no centro da área urbana. No entanto, os prejuízos privados ocorreram na produção de tabaco, sendo que se apresenta como o produto com maior rentabilidade na receita municipal.

CONCLUSÕES

O estudo da análise ambiental integra o homem e o meio ambiente pelo fato de um interdependem do outro através de vários condicionantes que compõem e transformam o lugar, tanto em escala local e global.

No presente trabalho, foram analisados os elementos físicos, através da análise foi possível compreender sua dinâmica espacial e as influências

causadas pelos fenômenos naturais desse meio. Dessa forma, primeiramente, buscou-se o entendimento sobre a temática que se atribuiu ao município de Agudo/RS, destacando os mais recentes desastres naturais, registrados em um pequeno período de tempo.

Enfoca-se em um conhecimento ordenado e sistemático que se faz necessário e contrapartida aos Desastres Naturais anunciados no município de Agudo/RS. Portanto, esta pesquisa atribuiu-se em analisar as principais características do lugar de estudo, pois os desastres naturais estão cada vez mais próximos do cotidiano das populações.

REFÊRENCIAS

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CAMPOS, J. N. B.; NETO, J. F. V.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 2, n. 1, 1997.

DAVENPORT, A. G.; GEORGIU, P. N.; SURRY, D. **A hurricane wind risk study for the Eastern Caribbean, Jamaica and Belize with special consideration to the influence of topography**. London: Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, University of Western Ontario, 1985.

GLICKMAN, T. S. **Glossary of meteorology**. Boston: American Meteorological Society, 2000. 855 p.

MÜLLER FILHO, I. L. Notas para o estudo da geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil. **Publicação Especial**, Departamento de Geociências da UFSM, n. 1, 94 p., 1970.

SCHIRMER, G. J. **Zoneamento geoambiental em municípios do Rio Grande do Sul**: Município de Agudo. 2010.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991. 449 p.

OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS E A FORMAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM BLUMENAU-SC

Tanice Cristina Kormann; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: 10.12957/geouerj.2016.16695.

Resumo: A presente pesquisa tem como tema principal a formação das áreas de risco a movimentos de massa no município de Blumenau - SC. Assim sendo, a ocupação do espaço urbano é analisada como fator condicionante à formação de áreas de risco com a ocupação de encostas íngremes. Blumenau registra um modelo de ocupação que se forma a partir do avanço sobre áreas de fundo de vale, com lotes paralelos uns aos outros, onde cada terreno apresenta uma estreita porção com acesso à drenagem e seu comprimento estende-se em direção à montante. Esse processo, que se diferencia das demais áreas de colonização luso-brasileira, resulta numa mancha urbana linear seguindo a rede de drenagem com poucas vias de ligação entre si. Esse modelo de ocupação buscava adaptar-se à limitação imposta pela topografia, devido à escassez de áreas planas e predomínio dos vales profundos com rios encaixados, indicando forte controle da estrutura geológica. Após a década de 1930, a ocupação avança à encosta, assumindo um caráter mais urbano com a industrialização que se consolidava como principal atividade regional. A limitação imposta pelo meio fez surgir um espaço urbano marcado pela presença de taludes de corte e aterro excessivamente íngremes que induzem a ocorrência de acidentes como ocorridos em 2008 e 2011. A ocupação improvisada das encostas, muitas vezes em áreas irregulares que ultrapassam o perímetro urbano municipal, constitui o maior desafio para o planejamento urbano municipal neste início de século.

Palavras-chave: ocupação urbana; áreas de risco; movimentos de massa; encosta; Blumenau.

OCCUPATION OF THE SLOPES AND THE GENERATION OF RISK AREAS OF MASS MOVEMENTS IN BLUMENAU CITY-SC

Abstract: This research presents a discussion of the development of risk areas to mass movements in the city of Blumenau - SC. Discusses the urban space occupation process as a conditioning factor the formation of risk areas due to occupation of steep slopes. Blumenau registers a model of occupation that forms from the advance on valley bottom areas, with parallel plots each other where each land has a narrow portion with access to drainage and its length extends toward upstream. This process, which differs from other areas of Luso-Brazilian colonization, resulting in a linear urban area following the drainage network with few lines connecting them. This model of occupation was seeking to adapt to the limitations imposed by topography, due to shortage of flat areas, and predominance of deep valleys with embedded rivers, indicating strong control of the geological structure. After the 1930s the occupation advances to the hillside, assuming a more urban character and the industrialization which was consolidated as the main regional activity. The limitation imposed by means brings about an urban space marked by the presence of excessively steep cut and fill slope that induce the occurrence of accidents such as occurred in 2008 and 2011. The makeshift occupation of hillsides, often in irregular areas beyond the municipal urban area, is the biggest challenge for the municipal urban planning in this new century.

Keywords: urban settlement; risk areas; mass movements; slope; Blumenau.

INTRODUÇÃO

Desde a formação dos primeiros agrupamentos humanos até a concepção das cidades modernas, a sociedade convive com a ocorrência de eventos de ordem natural que geram perdas sociais e econômicas (VEYRET, 2007). Porém, o aumento da frequência e a intensidade da ocorrência de eventos adversos têm se mostrado como tendência nos últimos anos, o que revela a

importância de conhecer os fenômenos para minimizar os impactos gerados (TOMINAGA, 2009).

O fenômeno/processo natural abordado neste trabalho é o movimento de massa. Esse conceito busca agrupar uma gama de tipologias de eventos associados à mobilização de material na vertente sobre a ação da gravidade (BIGARELLA, 2003). Há uma diversidade de termos diferenciando processos de movimento de massa (também denominado de movimentos gravitacionais), porém, na maioria das vezes, os termos são empregados de maneira coloquial e divergente (a exemplo dos termos desmoronamento, escorregamento e deslizamento). Nesta pesquisa, adota-se o conceito de movimento de massa com a finalidade de uma designação genérica do fenômeno que se passa na encosta, sem diferenciação em categorias e tipologias.

A ocorrência de um desastre natural é a materialização do risco, assim definido em função dos danos causados à sociedade, sendo desencadeado por eventos extremos associados a fenômenos/processos naturais. Cabe destacar que, apesar dos desastres naturais serem desencadeados por processos da dinâmica natural, eles podem ser induzidos ou intensificados pela ação humana (ROBAINA, 2008). Essa condição coloca a sociedade, ao mesmo tempo, como sujeito exposto e agente causador do risco. Desse modo, faz-se importante controlar as formas de apropriação dos espaços naturais e seu processo de ocupação para evitar a formação das áreas de risco.

O Ministério das Cidades (BRASIL, 2004, p. 10) define área de risco como sendo a “área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso”. Em outros termos, a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis à ocorrência de processos de dinâmica superficial pode expor a população ao risco de desastres naturais.

No contexto latino-americano, a desigualdade social e o crescimento urbano acelerado intensificam o processo de ocupações irregulares, muitas vezes, situadas a beiras de rios e encostas íngremes (MARICATO, 1996). Desse modo, entende-se que a formação das áreas de risco está intrinsecamente ligada ao processo de formação da cidade, que, por sua vez, reflete o fenômeno da urbanização brasileira, caracterizada pela concentração populacional acelerada e patológica.

Sobre as consequências espaciais da urbanização brasileira, Maricato (1996, p. 55) considera que “(...) o processo de urbanização com crescimento da desigualdade resultou numa inédita e gigantesca concentração da pobreza”. Esse tema é abordado conceitualmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através do conceito de aglomerado subnormal. O termo visa englobar, para fins de classificação e mapeamento, o conjunto de, ao menos, 51 unidades habitacionais carentes de serviços públicos essenciais, sendo o terreno de propriedade alheia (pública ou particular) com disposição geralmente desordenada e densa (IBGE, 2010b).

Nesse contexto, a presente pesquisa pretende contribuir na discussão da formação das áreas de risco a movimentos de massa no município de Blumenau-SC. Nas últimas décadas, a temática dos movimentos de massa assume grande relevância para o município de Blumenau.

O Atlas dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina elaborado por Herrmann (2006) aponta Blumenau como o município catarinense mais atingido por movimentos de massa e inundações através de um inventário das ocorrências registradas entre os anos de 1980 e 2003.

Recentemente, ocorreram eventos que causaram sérios danos associados a inundações e movimentos de massa nos anos de 2008 e 2011. No primeiro, houve a decretação de Situação de Emergência e, em 2011, foi decretado de Estado de Calamidade Pública. Como resposta, a Prefeitura Municipal organizou, em 2009, um setor de geologia que vem desenvolvendo trabalhos de mapeamento detalhado das áreas de risco no município (XAVIER et al., 2010(a), 2010(b), 2010(c)).

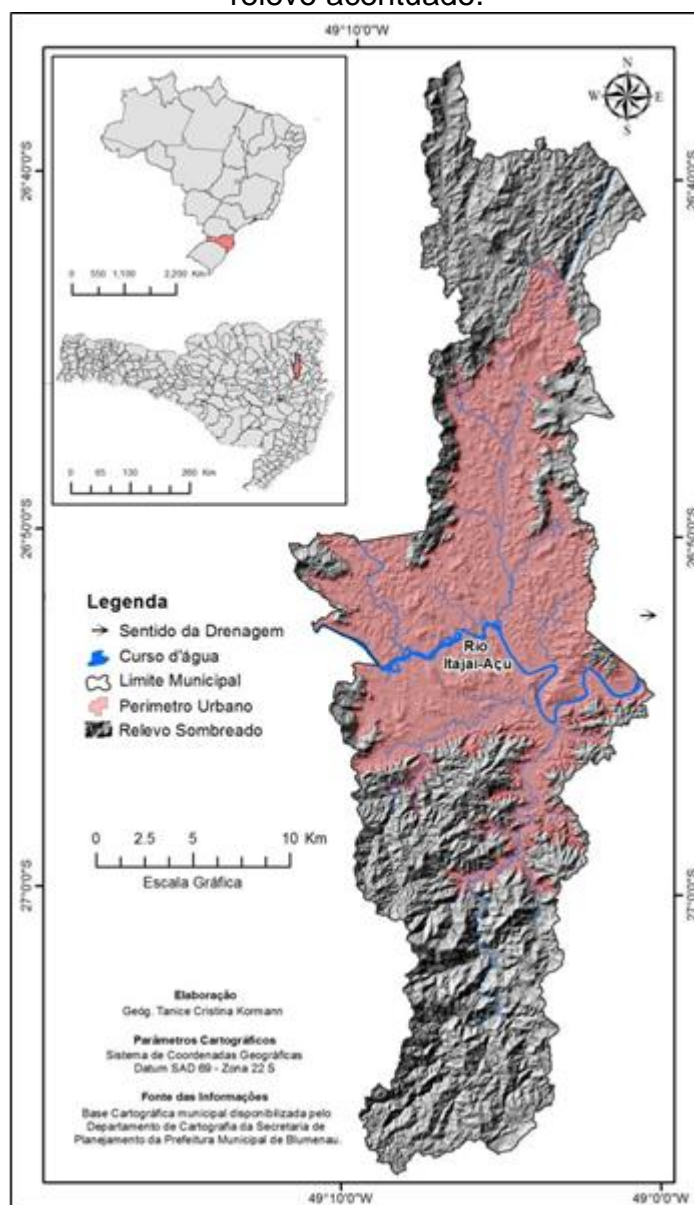
Na sequência, o trabalho inicia com uma breve caracterização dos principais elementos do meio natural de Blumenau para, então, apresentar o processo de ocupação do espaço urbano. Esses temas interconectam-se como base para a discussão da formação de áreas de risco, tendo, como enfoque principal, a ocupação de encostas íngremes.

A ÁREA DE ESTUDO

Localizado no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Itajaí-Açu e possuindo uma área de pouco mais de 500 km², o município de Blumenau tem

seu território cortado ao meio pelo rio que dá nome à bacia hidrográfica (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do município de Blumenau com destaque para a área urbana instalada no entorno das principais drenagens e limitada pelo relevo acentuado.



Os principais divisores de água encontram-se nos limites sul do município, onde o ponto mais alto apresenta uma altitude de 980 m. Nessa porção do território, encontra-se a linha de cumeada da Serra do Itajaí, que compõe o conjunto definido por Peluso (1986) como “Região do Litoral e Encostas”.

A significativa amplitude altimétrica dá origem a vales profundos com rios encaixados e fortemente condicionados pela estrutura geológica, onde

predominam as falhas e fraturas alinhadas na direção nordeste (VIEIRA, 2004). A geologia regional apresenta grande diversidade e complexidade; na porção norte do município, a idade avançada das rochas pertencentes ao embasamento cristalino do Complexo Luís Alves sugere a formação de espesso manto de alteração, enquanto na porção sul afloram rochas sedimentares e metamórficas de baixo grau, respectivamente, pertencentes ao Grupo Itajaí e Grupo Brusque.

Quanto às características climáticas, o município tem os maiores índices pluviométricos registrados no verão, sendo que janeiro é o mês mais chuvoso (SANTOS, 1996). O principal sistema responsável pelas chuvas no inverno é o choque entre massas de ar polar e massas de ar quente provenientes de menores latitudes, resultando na frente fria (MONTEIRO; MENDONÇA, 2002). Porém, na primavera e no verão, há que se considerar a influência local da umidade proveniente do Oceano Atlântico, já que, no leste catarinense, as serras atuam como barreira ao ar úmido vindo do oceano, obrigando-o a ascender, o que resulta na precipitação. Além desses sistemas atmosféricos, a ocorrência de valores elevados de precipitação também pode resultar da interferência ocasional do El Niño (SANTOS, 1996).

Combinado às condições de suscetibilidade do meio, Blumenau apresenta um processo de ocupação que traz forte influência da rede de drenagem em sua estruturação. A partir das áreas de fundo de vale, a ocupação avança até alcançar as encostas. Esse fenômeno está atrelado ao modelo colonial de ocupação adotado na maioria das cidades de origem alemã do sul do Brasil.

A partir da década de 1930, impulsionado pelo crescimento da indústria têxtil regional, o processo de ocupação passou a assumir um caráter mais urbano (SIEBERT, 1999). A concentração populacional estimulada pelo crescimento econômico fez com que o município atingisse, na década de 1980, o terceiro maior contingente populacional do estado de Santa Catarina. Atualmente, o último Censo indica uma população de 307.378 habitantes (IBGE, 2010a). Diante desse cenário, os últimos dados censitários apontam, ainda, Blumenau como o município catarinense com maior número de habitantes vivendo em aglomerados subnormais (IBGE, 2010b).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A constatação de que ações antrópicas têm resultado em interferências no meio conduzem ao surgimento de novas perspectivas de análise que buscam identificar os reflexos dessas transformações no espaço e no tempo. Indo ao encontro dessa perspectiva, Vitte (2008) reforça essa ponderação ao apontar a necessidade de pensar no processo de formação da cidade como elemento de análise em estudos, tratando de problemáticas ambientais que ocorrem nela.

Especificamente a respeito de estudos relativos à temática dos riscos, Mendonça (2011) chama a atenção para a importância de considerar elementos socioeconômicos, culturais e políticos para o estudo dos riscos em ambientes urbanos. A análise de elementos da dinâmica social que interagem com o fenômeno/processo do meio físico contribui ao reforçar o caráter aplicado do conhecimento, tornando possível auxiliar nas etapas de diagnóstico, prognóstico e recuperação de encostas, onde ocorrem processos de movimentos de massa (GUERRA; MARÇAL, 2010).

De forma geral, os procedimentos operacionais tiveram início com o levantamento bibliográfico, que abordou temas como: processo de ocupação e o sistema colonial de distribuição de terras; a industrialização e a fragmentação da propriedade rural; a urbanização e a formação das áreas de risco nas encostas.

Os trabalhos de Hering (1987) e Seyferth (1999) contribuem ao caracterizar a forma de distribuição dos lotes durante o período colonial. O processo de urbanização é alcançado com a tese de Siebert (1999) e, especificamente, tratando das áreas de risco, tem-se o estudo de caso de Vieira (2004) a respeito da Sub-Bacia do Ribeirão Araranguá, onde consta a formação das primeiras áreas de risco do município, porém com enfoque local.

Após a etapa de levantamento bibliográfico, tem-se o levantamento de dados estatísticos e dados primários. Os dados estatísticos foram obtidos junto ao sítio do IBGE e os dados primários envolvendo cartografia colonial foram encontrados no referencial bibliográfico citado anteriormente, enquanto a cartografia atual foi cedida pelo setor de cartografia da Prefeitura Municipal de Blumenau.

Nesse órgão, foram obtidas informações referentes aos seguintes temas: rede de drenagem; limite dos bairros; arruamentos; informações de altimetria na

escala de 1:2.000 (curvas de nível com intervalo de 5 m); além de um mosaico de imagens de satélite de alta resolução espacial do sensor QuickBird®, cujo imageamento ocorreu no final de 2008 e início de 2009, com resolução espacial de 60 cm.

A Prefeitura Municipal de Blumenau orientou ainda que as informações da rede de drenagem foram elaboradas a partir de dados obtidos em campo e complementadas por edição vetorial a partir da imagem de satélite, o que resultou na descontinuidade e inexistência dessa informação em algumas porções do território municipal.

Os dados foram organizados de forma a possibilitar a construção e organização de um banco de dados em ambiente SIG. A combinação de informações foi realizada no software ArcGis 10®, permitindo a elaboração dos mapas apresentados na sequência.

Os trabalhos de campo propiciaram avaliar situações levantadas durante a análise dos produtos cartográficos. Assim, foram descritas diferentes situações com apoio de fotografias georreferenciadas que complementam os dados cartográficos em algumas das ilustrações ao longo do trabalho.

O PROCESSO DE OCUPAÇÃO E URBANIZAÇÃO DE BLUMENAU

O território de Santa Catarina tem seu povoamento iniciado no século XVII com a política portuguesa “uti possi de tis”. Sob esse modelo de ocupação, foram fundados povoados litorâneos que permitiram assegurar a posse e definir os limites da colônia ultramarinha de Portugal (PIAZZA, 1982).

No século XIX, a definição das fronteiras de Santa Catarina reforçou a necessidade de interligar o litoral ao planalto. Nesse cenário, o governo passou a estimular o desenvolvimento da colonização utilizando os vales dos principais rios como “vias de penetração” do território (HERING, 1987; SEYFERTH, 1999).

Dessa forma, teve início, em 1850, o processo de ocupação de Blumenau. Um grupo de imigrantes alemães liderados por Hermann Bruno Otto Blumenau viajou pelo Rio Itajaí-Açu, percorrendo seu curso até a porção do médio vale, onde se estabeleceram e fundaram a Colônia Blumenau.

À medida que ocorria o estabelecimento das colônias, estas tornavam-se base para a expansão da ocupação rumo ao interior. A concentração espacial das colônias e a homogeneidade étnica dos imigrantes (predominantemente

alemães e italianos) combinaram-se na formação de sociedades que destoavam dos núcleos de origem portuguesa, produzindo um modelo de ocupação do território diferenciado (PELUSO, 1991; SEYFERTH, 1999).

Peluso (1991) enfatiza a importância dos aspectos culturais como elemento chave para a compreensão do modo de organização desses povoados. Seyferth (1999) complementa essa discussão, ao considerar que a origem de tal diferenciação pode estar na forma como eram distribuídos os lotes na Alemanha, antes da vinda dos imigrantes. A autora compara a forma de ocupação da colonização àquela existente na Alemanha à época da migração:

Outra característica peculiar a esse povoamento é a forma que tomou a distribuição de terras entre os colonos, semelhante à colonização da região montanhosa do leste da Alemanha no final da Idade Média: o tipo de povoamento chamado de *Waldhufen* (SEYFERTH, 1999, p. 47).

Waldhufen refere-se ao tipo de povoamento característico do período medieval das regiões alemãs da Floresta Negra, Odenwald, leste da Mittelgebirge e em partes das terras baixas do norte da Alemanha (SEYFERTH, 1999). O termo pode ser decomposto para melhor compreensão; sendo “*Wald*” correspondente a “floresta” enquanto “*Hufen*” refere-se à área que cada camponês recebia para cultivo, ou seja, a unidade produtiva.

Dessa forma, um grupo culturalmente homogêneo e sob condições ambientais relativamente similares (especialmente no que se refere ao relevo acidentado formando vales estreitos) reproduz uma organização espacial semelhante a existente no leste da Alemanha. Nas palavras de Peluso (1991, p. 356): “(...) são as condições geográficas do sítio e a cultura do grupo que criou a cidade que orientam o arranjo do espaço urbano”. Para o autor, a organização espacial da Colônia Blumenau reflete ainda o princípio da racionalidade, que é uma das principais características dos planos urbanos de cidades alemãs.

Com um sistema fragmentado em fileiras de lotes posicionados perpendicularmente à drenagem e paralelos entre si, tem-se a formação de uma espécie de múltiplas sedes situadas nas áreas de confluência de drenagem e/ou desta com os caminhos. Tal condição é resultado da ausência de um local que exerça forte centralidade nesse modelo de ocupação.

A dispersão espacial desse modelo é reflexo da organização a partir de linhas de colonização, que, por determinação do meio físico, ocorre ao longo do

vale, fazendo com que, especialmente, o povoado assumisse forma alongada, com os caminhos surgindo paralelos aos cursos d'água. Os lotes foram definidos paralelamente uns aos outros, seguindo a drenagem e estendendo-se numa longa faixa em direção ao fundo do vale (SIEBERT, 1999).

Dessa maneira, todos os lotes abrangiam uma faixa que se estendia da planície até a encosta, com largura de 200 a 300 metros com 1000 metros ou mais de comprimento, fazendo com que cada proprietário possuísse uma parte da qual pudesse fazer uso agrícola e o restante do terreno, geralmente, tratava-se de encostas íngremes, que permanecem como reservas florestais durante o período colonial (HERING, 1987).

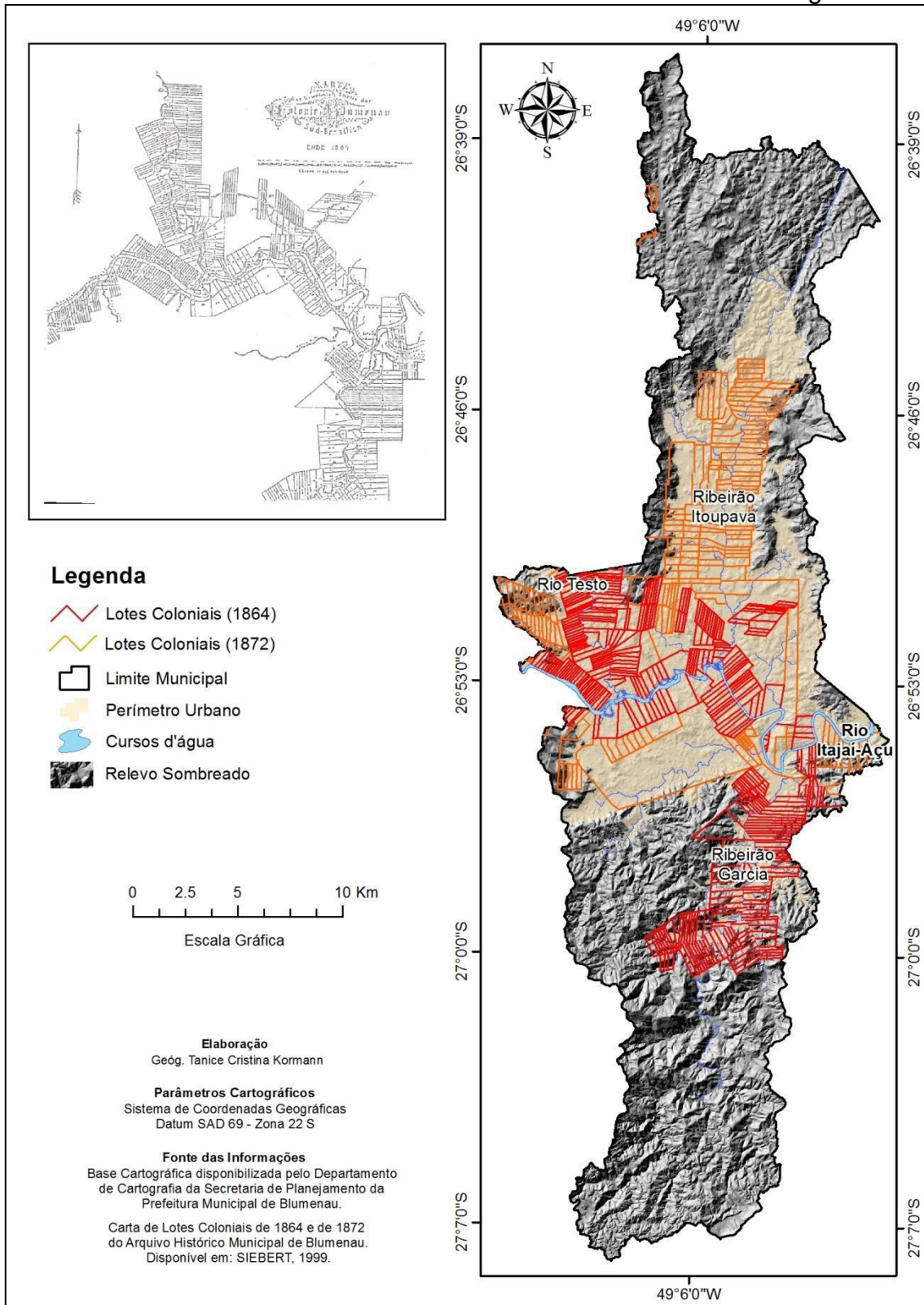
Essa distribuição garantia a instalação da moradia na parte menos inclinada do lote e próximo aos cursos d'água, destinando o restante da área cultivável do terreno para a agricultura de subsistência. Outra importante característica do modelo colonial germânico é que o povoamento ao instalar-se buscava adaptar-se ao relevo, evitando a utilização de áreas de relevo íngreme para tal finalidade.

Os povoados eram instalados nas áreas mais planas de fundo de vale, deixando, como reserva florestal, as encostas mais inclinadas. Desse modo, os principais rios e ribeirões determinaram o traçado dos lotes e, conseqüentemente, toda a ocupação posterior ao período colonial a partir da qual ocorre a formação da malha urbana. Para ilustrar esse processo de ocupação através dos fundos de vale, a Figura 2 apresenta uma sobreposição da rede de drenagem e área urbana atual com os lotes coloniais distribuídos em 1864 e 1872.

Os lotes distribuídos em 1864 haviam promovido o avanço da ocupação da Colônia Blumenau na direção oeste subindo o Rio Itajaí-Açu, na direção sul ao longo do Ribeirão Garcia, além dos Vales do Ribeirão Itoupava, do Rio Testo e do Rio dos Cedros. É interessante destacar que grande parte do que atualmente constitui a área urbana de Blumenau já havia sido distribuída como lotes aos imigrantes em 1864 (SIEBERT, 1999).

A Carta de Lotes Coloniais de 1872 retrata uma expansão, principalmente, na direção dos tributários a oeste da sede, o que ultrapassa o atual limite municipal de Blumenau através do avanço pelo Ribeirão Warnow na margem direita e pelo Ribeirão Benedito e Cedro na margem esquerda do Rio Itajaí-Açu.

Figura 2. A figura apresenta uma sobreposição dos lotes da Colônia Blumenau nos anos de 1864 e 1872 à atual área urbana e a rede de drenagem.



O incremento populacional impulsiona a existência das primeiras fábricas. Na virada do século XIX para o XX, a economia do Vale do Itajaí começou a apresentar condições para uma mudança na estrutura produtiva. Ao cessar a instalação de novas colônias pela indisponibilidade de terras a oeste, as localidades mais desenvolvidas conquistaram independência político-administrativa no primeiro grande ciclo de emancipações do Vale do Itajaí.

Nesse contexto, o término do processo de colonização e a fragmentação do território político e administrativo na década de 1930 culminaram na urbanização de Blumenau. O lote colonial passou a sofrer fragmentação e, ao sofrer loteamento, é que a ocupação atingiu as encostas com maiores inclinações, formando taludes mais inclinados.

A FRAGMENTAÇÃO DA PROPRIEDADE RURAL E A INDUSTRIALIZAÇÃO

A maioria dos imigrantes europeus trouxe algum conhecimento técnico a julgar por suas diferentes especialidades laborais. As habilidades trazidas pelo imigrante auxiliaram na formação das primeiras fábricas a partir do aprimoramento das técnicas artesanais. Assim, a experiência do imigrante com o artesanato e, principalmente no caso do imigrante tardio, o contato com o início da revolução industrial na Alemanha são determinantes para o desenvolvimento industrial do Vale do Itajaí (HERING, 1987).

Esse processo ocorreu, especialmente, no ramo têxtil, em que as primeiras iniciativas surgiram muito cedo, praticamente como uma evolução do processo produtivo de artigos que visavam atender as necessidades do mercado local, já que produtos acabados eram fortemente taxados. Na virada do século, ocorreu a inserção da indústria têxtil no mercado regional e nacional.

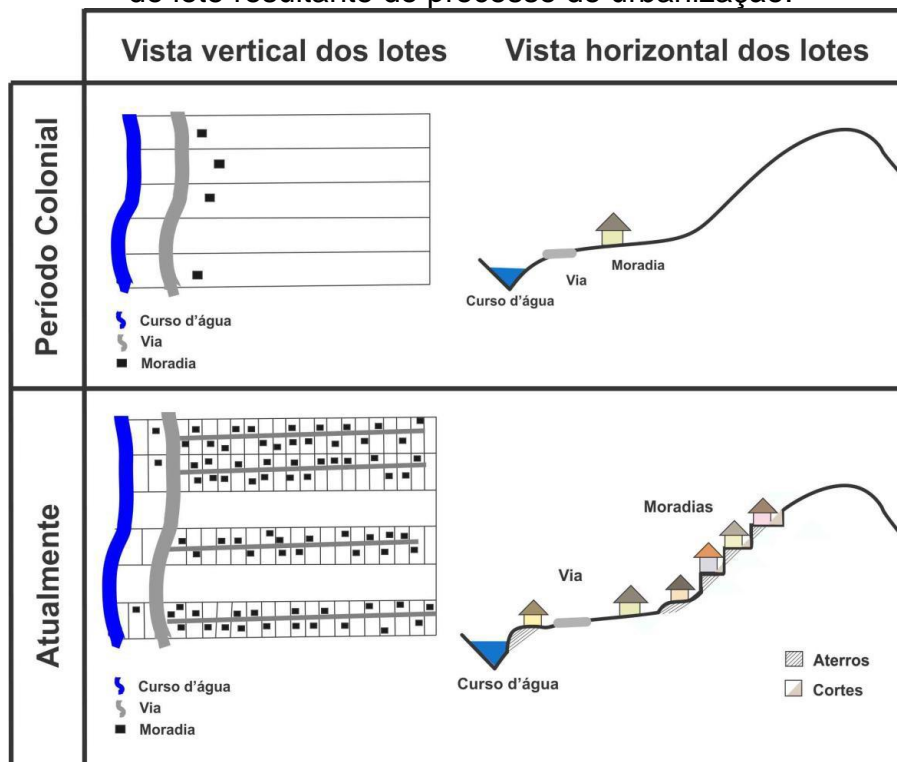
Naquele momento, a expansão das fábricas resultou na inversão da economia; gradativamente, o setor agrícola perdeu importância enquanto ganhou impulso o setor industrial. Como consequência, a propriedade rural no município de Blumenau passou a sofrer atomização. Ocorreu, então, a transformação funcional do lote agrícola; o espaço rural passou a tornar-se urbano.

As indústrias que antes estavam dispersas nas linhas coloniais passaram a ser englobadas pela urbanização. Assim, a indústria têxtil contribuiu para alterar o padrão de ocupação através da instalação de residências de operários

nas proximidades da fábrica, configurando uma malha urbana em que espaços de moradia e áreas industriais mesclam-se e os lotes que, no período colonial, apresentavam um baixo adensamento das moradias, especialmente, em direção à encosta, passaram por um adensamento significativo e avanço das ocupações para as áreas mais íngremes do lote (Figura 3). Sobre o assunto, Butzke (1995, p. 151) complementa:

A medida em que a população crescia e demandava mais espaços para ocupar, os antigos lotes coloniais (Hufen) tomando as áreas deixadas entre os vales inicialmente ocupados. Como este processo não se fez acompanhado de planejamento adequado, hoje grandes distorções podem ser observadas, seja em termos da estrutura viária, seja na localização das construções em locais inadequados.

Figura 3. Modelo ilustrativo da fragmentação dos lotes; no quadro superior a distribuição dos lotes no período colonial e no quadro inferior o fracionamento do lote resultante do processo de urbanização.



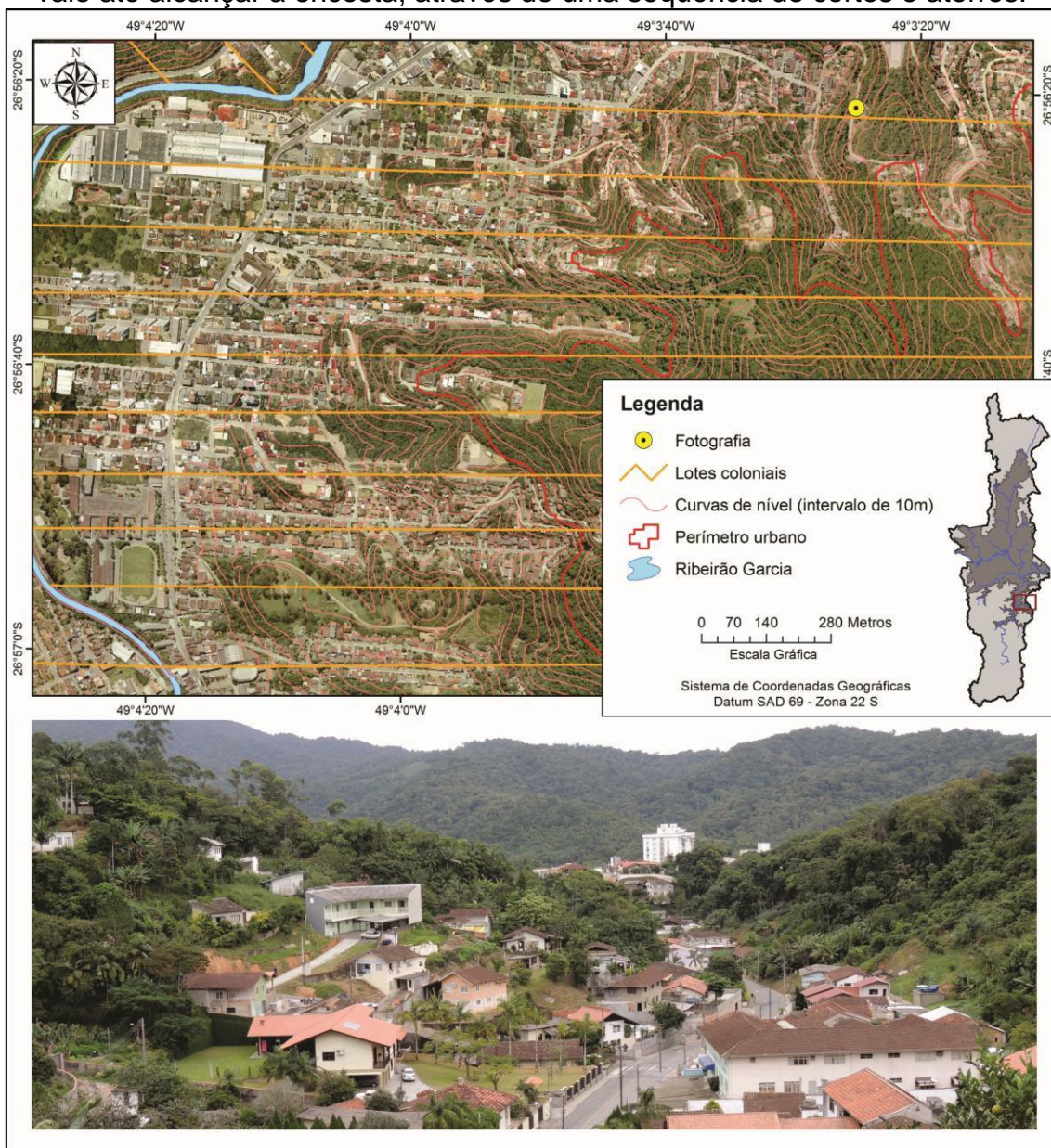
Fonte: Adaptado de SIEBERT (1999).

Dessa forma, além da influência do meio, a malha urbana de Blumenau foi condicionada também pela estrutura fundiária do período colonial que seguiu marcando o espaço urbano até os dias de hoje (SIEBERT, 1999).

A Figura 4 registra essa influência por meio de uma fotocarta, sobrepondo os limites dos antigos lotes coloniais, a rede de drenagem, as curvas de nível e

o perímetro urbano à imagem de satélite de alta resolução espacial. No canto superior direito da fotocarta, está localizada a fotografia da área, que exemplifica o processo de ocupação avançando a partir do fundo de vale, onde está instalada a via. A partir dela, as moradias instalaram-se encosta acima, indicando uma ocupação que altera a inclinação original do talude através de cortes e aterros.

Figura 4. Influência dos lotes coloniais na malha urbana atual. A fotografia tirada para a direção oeste ilustra o avanço da ocupação a partir do fundo de vale até alcançar a encosta, através de uma sequência de cortes e aterros.



A divisão dos lotes coloniais ocorria, geralmente, a partir das heranças, através das gerações. De acordo com Siebert (1999), a ocupação avança a encosta seguindo a antiga estrutura linear do lote colonial, o que ocorre de modo mais significativo a partir da década de 1950. Nesse processo, a intervenção no relevo torna-se comum, como ilustrado na Figura 4.

Assim, surge uma ocupação escalonada através de uma sequência de cortes e aterros muito comum em áreas com o predomínio de encostas íngremes e vales em “V”, como em algumas porções do município de Blumenau. A sobreposição de ocupações encosta acima sem um planejamento na intervenção como um todo torna a situação ainda mais complexa. Esse processo é um dos principais motivos para a instabilização de encostas e o surgimento de áreas de risco.

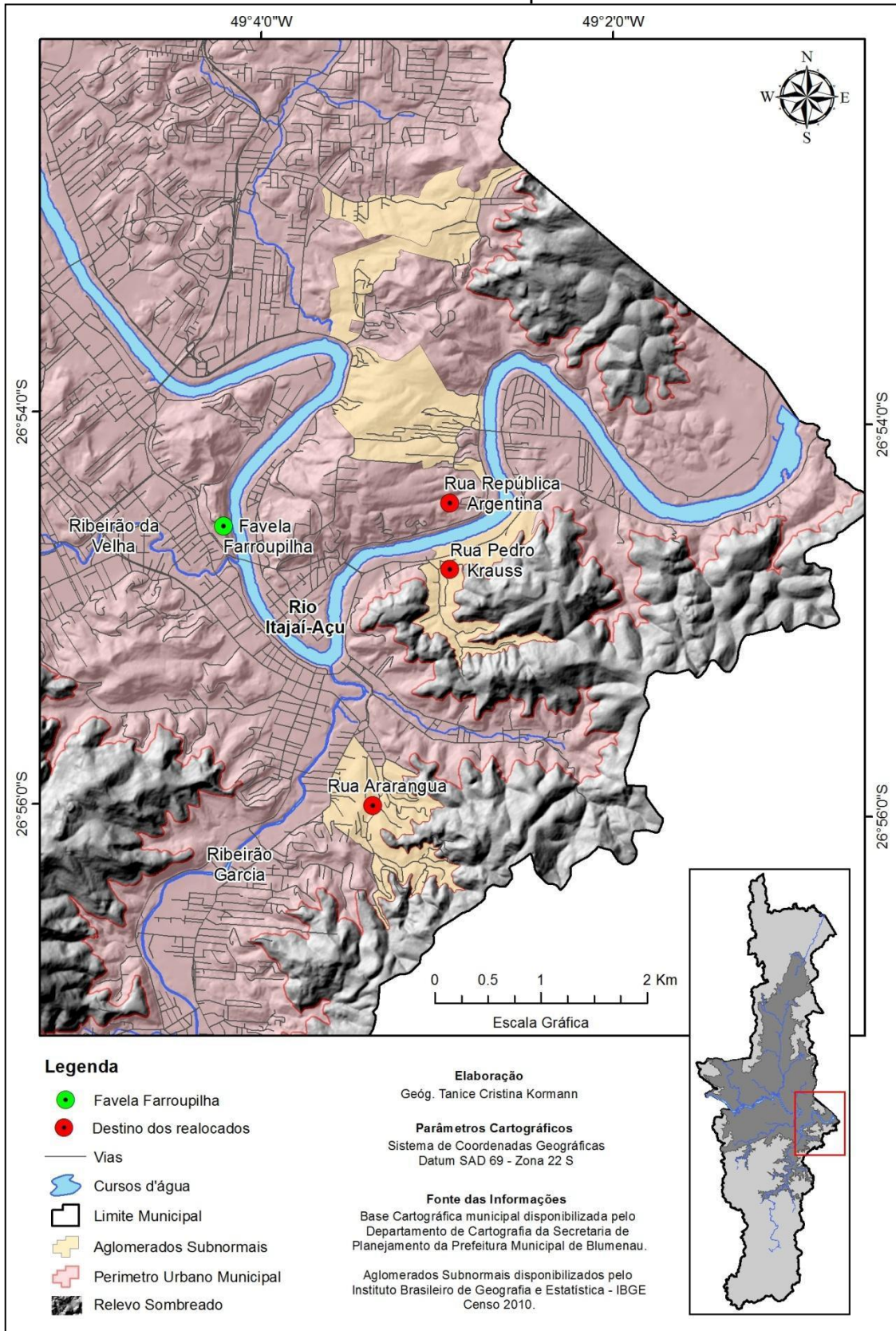
O SURGIMENTO DE ÁREAS DE RISCO ASSOCIADAS À DINÂMICA DE ENCOSTA

Os primeiros registros de ocupações irregulares situadas em encostas e sujeitas à ocorrência de movimentos de massa no município de Blumenau são da década de 1930. Localizado no Morro da Caixa D’água, próximo ao centro de Blumenau, constitui-se o primeiro aglomerado subnormal de Blumenau.

A situação permaneceu até o ano de 1950, quando o centenário da cidade mobilizou uma força tarefa com o objetivo de retirar os moradores de morros mais próximos ao centro em função de questões estéticas e paisagísticas (VIEIRA, 2004). Apesar da transferência, essa população permaneceu ocupando áreas sem o título de propriedade e em situação de suscetibilidade frente ao risco de processos da dinâmica superficial.

A Figura 5 apresenta um mapa ilustrando a origem e o destino da população transferida da Favela Farroupilha. O mapa apresenta uma sobreposição da malha urbana atual e dos limites dos aglomerados subnormais fornecidos pelo IBGE (2010b), o que permite inferir que as áreas de destino dos moradores da antiga Favela Farroupilha constituem alguns dos atuais aglomerados subnormais do município de Blumenau. Na prática, ocorre a transferência do problema para outro local.

Figura 5. Mapa indicando a localização das áreas de risco que surgem a partir da extinção da Favela Farroupilha, o que coincide com os aglomerados subnormais delimitados pelo IBGE.



Nas décadas de 1960 e 1970, foram registrados os maiores índices de crescimento demográfico, o que coincide com o aumento no número de empregados na indústria. Como reflexo, nas décadas de 1970 e 1980, ocorreu a ocupação da maioria das áreas periféricas ao centro que hoje corresponde a núcleos de habitações subnormais. Nesse contexto, surgiram novas áreas de ocupação irregular, a exemplo do Morro da Pedreira, no bairro Ponta Aguda, e da Rua Pedro Kraus Senior, no bairro Vorstadt (SIEBERT, 1999).

Com isso, tem-se as primeiras medidas visando direcionar a ocupação para a porção norte do município. Nas décadas de 1980 e, principalmente, 1990, tem-se a intensificação da ocupação da parte norte do território blumenauense, o que é confirmado pela ampliação do perímetro urbano na porção norte e redução do perímetro urbano ao sul realizada através do Plano Diretor de 1996. Porém, essa medida não assegurou a diminuição da problemática.

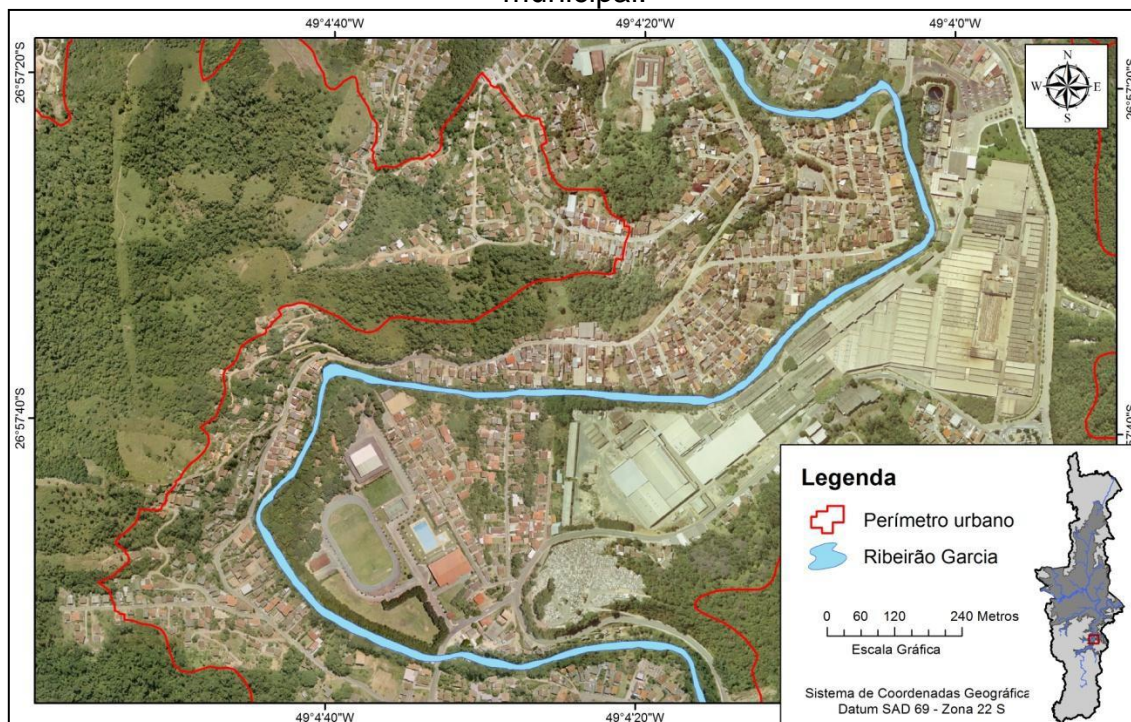
Novos aglomerados subnormais surgiram em áreas mais afastadas do centro urbano, especialmente na porção norte de Blumenau, área inserida no perímetro urbano na década de 1990. Essa situação revela que mesmo a ocupação mais recente apresenta problemas quanto ao avanço das moradias em direção à encosta.

O fato de o perímetro urbano ter “encolhido” não significa que as áreas de encostas deixaram de ser ocupadas. O que ocorre é que parte das áreas inadequadas à ocupação não está mais abrangida pelo perímetro urbano municipal. A Figura 6 ilustra essa situação a partir da sobreposição da imagem de satélite ao perímetro urbano e à rede de drenagem, fato que mostra uma situação comum na porção sul do território municipal (região onde o perímetro urbano foi reduzido).

Os dados do último Censo realizado pelo IBGE em 2010 indicam a dimensão da problemática nos dias de hoje. São 23.131 pessoas ocupando domicílios em 17 áreas classificadas como aglomerados subnormais em Blumenau (IBGE, 2010b).

O resultado torna-se mais expressivo se for considerada a população total do município (307.378 habitantes). O percentual da população em aglomerados subnormais é de 7,5%. Apesar de ser a terceira cidade mais populosa do estado, Blumenau supera Joinville e Florianópolis, constituindo-se no município catarinense em que mais pessoas vivem em habitações subnormais.

Figura 6. Ilustração da ocupação urbana que ultrapassa o perímetro urbano municipal.



Essas condições fazem surgir uma ocupação improvisada e, muitas vezes, irregular, desafiando o planejamento urbano ao intensificar o aspecto tentacular que assume a mancha urbana de Blumenau. Formam-se nichos de ocupação urbana adentrando o relevo acidentado, muitas vezes, escondidos em meio à densa vegetação ou ao estreito vale fluvial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como a maioria das grandes cidades brasileiras, Blumenau apresenta marcas de um processo de urbanização acelerado e que foge ao controle das medidas de regulação do espaço urbano. Apesar do cenário comum, a influência do processo de ocupação adotado no período colonial está registrada na configuração atual do espaço urbano, que avança a encosta a partir dos fundos de vale.

Blumenau foi ocupada por meio da distribuição de lotes coloniais que privilegiam as planícies fluviais. A significativa amplitude e os vales profundos com rios encaixados e fortemente condicionados pela estrutura geológica

contribuem para uma acentuada suscetibilidade do meio à ocorrência de movimentos de massa.

Sob essas condições a ocupação alcança a encosta por volta da década de 1930, fato que coincide com o processo de fragmentação dos lotes coloniais. Desse modo, além da influência do meio, a malha urbana de Blumenau foi condicionada também pela estrutura fundiária do período colonial, o que deu origem a uma ocupação escalonada através de uma sequência de cortes e aterros em áreas de encostas íngremes sem o devido planejamento das intervenções.

Os dados do último censo indicam que 23.131 pessoas residem em habitações subnormais, o que permite dimensionar a problemática. A ocupação improvisada das encostas, muitas vezes, em áreas irregulares que ultrapassam o perímetro urbano municipal, constitui o maior desafio para o planejamento urbano municipal neste início de século.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Diretoria de Cartografia da Prefeitura Municipal de Blumenau e ao apoio do POSGEA-UFRGS através de recursos financeiros da CAPES que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa, parte integrante da dissertação de mestrado intitulada: “Ocupação de encostas no município de Blumenau – SC: estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa”.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos, enchentes e inundações. **Apostila de treinamento**. 2004. 73p.

BUTZKE, I. C. **Ocupação de áreas inundáveis em Blumenau/SC**. 1995. 246 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro: São Paulo, 1995.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, 190p.

HERING, M. L. R. **Colonização e indústria no Vale do Itajaí: o modelo catarinense de desenvolvimento**. Blumenau: Ed. da FURB, 1987, 328 p.

HERRMANN, M. L. de P. (org.) **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa do Cidadão. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2006/01/Atlas_Ceped.pdf> Acesso em: 20 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010a**: resultados divulgados no Diário Oficial da União em 04.11.2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/SC2010.pdf> Acesso em: 08 out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Aglomerados Subnormais: primeiros resultados (download). In: **Censo. 2010b**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/agsn2010.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2013.

MARICATO, E. **Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência**. São Paulo: HUCITEC, 1996. 141 p.

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. Dinâmica atmosférica no estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. de P. (org.) **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa do Cidadão**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/atlas/Atlas_Ceped.pdf> Acesso em: 20 fev. 2011. p. 5 – 10.

PELUSO JR, V. A. O relevo do território catarinense. **Geosul**. v. 2, p. 7-78, 1986.

PELUSO JR, V. A. Tradição e plano urbano. In: **Estudos de geografia urbana de Santa Catarina**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991, 396 p. (publicado originalmente no Boletim da Comissão Catarinense de Folclore. Ano V, n. 15/16, 1953).

PIAZZA, W. F. **A colonização de Santa Catarina: obra premiada pelo BRDE no concurso regional de histórica**. Porto Alegre: BRDE, 1982, 311 p.

ROBAINA, L. E. de S. Espaço urbano: relação com os acidentes naturais no Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 5, n. 2; dez. 2008. p. 93 – 105.

SANTOS, G. F. dos. **Vale do Garcia (Blumenau - SC): análise climato-geomorfológica e a repercussão dos episódios pluviais no espaço urbano**. São Paulo, 1996. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade de São Paulo, 1996. 362 p.

SEYFERTH, G. **A colonização alemã no Vale do Itajaí-Mirim: um estudo econômico**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Movimento, 1999, 159 p.

SIEBERT, C. F. **A evolução urbana de Blumenau: o (des)controle urbanístico e a exclusão sócio-espacial**. 1999. 190 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. cap 1, p. 11-24.

VIEIRA, R. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento**. 2004. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. VEYRET, Y. (org.) Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VITTE, A. C. Posfácio. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. (Org.) **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008.

XAVIER, F. F., et al. Caracterização dos acidentes geológicos e carta de uso recomendado do solo da região da rua Pedro Krauss Sênior, Blumenau/SC. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTECNICA E GEOAMBIENTAL, 7., 2010, Maringá. **Anais...**Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2010(a).

XAVIER, F. F., et al. Caracterização dos acidentes geológicos e carta de uso recomendado do solo da sub-bacia do ribeirão Araranguá. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTECNICA E GEOAMBIENTAL, 7., 2010, Maringá. **Anais...**Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2010(b).

XAVIER, F. F., et al. Caracterização dos acidentes geológicos e carta de uso recomendado do solo da região do loteamento Santa Rita, Blumenau/SC. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTECNICA E GEOAMBIENTAL, 7.,2010, Maringá. **Anais...**Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2010(c).

PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA CARTA- IMAGEM EMERGENCIAL DE INUNDAÇÃO

Guilherme Cardoso da Silva; Tania Maria Sausen; Andrea Valli Nummer

DOI: 10.5902/2236499424461

Resumo: O objetivo deste trabalho foi propor um padrão cartográfico para carta-imagem emergencial de inundação. Assim, foram analisadas cartas-imagem e mapas de inundação de diversas instituições e de diferentes trabalhos. Também foi elaborado um questionário, aplicado a profissionais que trabalham com mapas de diferentes modos. Percebeu-se que as cartas-imagem e os mapas de inundação diferenciam-se significativamente, sendo observadas carências como a falta de elementos, além da não existência de um padrão. Para a elaboração da proposta do presente trabalho, foram utilizadas imagens de satélite. Como resultado, esta pesquisa propôs um padrão cartográfico para carta-imagem emergencial de inundação, que procura homogeneizar os mapeamentos de inundação.

Palavras-chave: Cartografia temática; Desastres Naturais; Inundação; Geotecnologias.

PROPOSAL OF CARTOGRAPHIC STANDARDIZATION FOR FLOOD EMERGENCIAL CHARTER-IMAGE

Abstract: The aim of this work was to propose a cartographic standardization for flood emergencial charter-image. For this purpose, flood charter-image and maps made by different Institutions, and researches were analyzed. A questionnaire was also applied to professionals who work with maps in different ways. It was noticed that the flood charters-image and maps differ on many issues, deficiencies were observed, besides the lack of a standard. For the creation of cartographic standardization satellite images were used. As a result, a proposal of cartographic standardization was made, which aimed the homogeneity of flood charters-image.

Keywords: Thematic Cartography; Natural Disasters; flood; Geotechnology

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais resultam de eventos adversos que causam grandes impactos na sociedade e são diferenciados, principalmente, pela sua tipologia, sendo três categorias básicas: Meteorológicos, hidrológicos e geológicos. Os desastres naturais ligados à meteorologia fazem menção a, por exemplo, furacões, vendavais e granizos. Como exemplo de hidrológicos, tem-se estiagens, inundações e geadas e, como geológicos, vulcanismos, tsunamis e escorregamentos (TOBIN e MONTZ, 1997).

Apesar de os desastres naturais ocorrerem em qualquer continente, algumas regiões são mais afetadas em função da magnitude e frequência dos fenômenos e da vulnerabilidade de cada sociedade. De acordo com dados, entre os anos de 1900 e 2006, o continente asiático foi o que apresentou o maior número de registros. É importante também salientar que, dos desastres naturais ocorridos em todo o mundo, 66% estão atrelados a instabilidades atmosféricas severas, ou seja, presença forte de inundações e tempestades (EM-DAT, 2007; MARCELINO, 2007).

No Brasil, ocorreram 150 registros de desastres no período de 1900 a 2006, os tipos mais frequentes foram as inundações e os escorregamentos. Com relação à distribuição espacial, mais de 60% dos casos ocorreram nas regiões Sudeste e Sul, sendo importante perceber que são computados no banco EM-DAT somente os desastres considerados de grande severidade (MARCELINO, 2007; EM-DAT, 2007).

Os estudos voltados à identificação, quantificação e cartografia dos desastres naturais são extremamente relevantes para o gerenciamento de riscos. Dentre os eventos causadores de desastres, destacam-se as inundações, vinculadas às instabilidades atmosféricas severas (EM-DAT, 2007). As inundações ocorrem em um número significativo de episódios no mundo todo e têm causado grandes problemas socioeconômicos.

É importante que um evento causador de desastre seja representado cartograficamente, pois isso permite que ele possa ser avaliado de diferentes formas, desde uma análise pós-desastre, em que a cartografia auxilia na compreensão de algumas questões ou ajuda no resgate (mapa emergencial), até um estudo com um viés mais preventivo, na intenção de evitar o desastre (TOBIN e MONTZ, 1997).

Na cartografia de pós-desastre, deve-se considerar a importância dos mapas emergenciais, pois estes devem representar determinada área, destacando o(s) tipo(s) de desastre(s), com o objetivo de auxiliar na resposta ao fenômeno, resgatando o maior número de pessoas da melhor forma possível, além de prestar as ajudas necessárias. A maioria dos mapas emergenciais é, na verdade, cartas-imagem, que são imagens referenciadas a partir de pontos identificáveis e com coordenadas conhecidas, ou seja, georreferenciadas, podendo conter simbologia e outros elementos fundamentais aos mapas. Comumente, são utilizadas imagens de satélite no formato de folhas de carta, em que as cenas de satélites são ligadas digitalmente para cobrir a área estipulada (FLEOTIAUX, 1987).

Sabe-se que para que um mapa, emergencial ou não, possa ser utilizado de forma eficiente, entre outras coisas, ele deve seguir uma padronização cartográfica, pois, dessa forma, possibilita uma leitura clara e facilita a sua compreensão por parte de quem o estiver utilizando. No Brasil, existem órgãos que estabelecem normas a fim de padronizar a confecção de mapas, como a

Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR, que faz considerações relativas à elaboração de “Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Terrestre Nacional”.

No ano de 2010, no intuito de reforçar a importância da geração, padronização e armazenamento, acesso, compartilhamento, divulgação e uso dos dados geoespaciais, foi criada a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) que passou a estabelecer normas relativas à Cartografia Nacional e sua produção, que deverão ser utilizadas por órgãos e entidades do Poder Executivo Federal (BRASIL, 2009).

Embora haja entidades reguladoras, o que se vê, principalmente em mapas temáticos, é uma falta de padronização, pois as organizações executoras de mapeamentos, em geral, seguem suas próprias regras, vinculadas ao sistema utilizado por elas e que, na maioria das vezes, diferem umas das outras. O resultado disso é mapas heterogêneos, em que cada organização tem sua maneira de tratar a informação espacial (SANTOS et al., 2010).

A padronização da cartografia é importante para qualquer tipo de mapa, porém, para mapas emergenciais, é fundamental visto que ele possui certas necessidades que os diferenciam dos demais. Dentre essas especificidades, destacam-se a agilidade na geração do mapa e a clareza e objetividade nas representações, pois os mapas serão utilizados por pessoas com diferentes formações, como geógrafos, engenheiros, bombeiros, militares e até mesmo outros profissionais, como enfermeiros, prefeitos, entre outros.

Dessa forma, este artigo apresenta uma proposta de padronização para cartas-imagem emergenciais de inundação, que tem, como objetivo, facilitar a sua leitura e interpretação e, com isso, agilizar as ações em campo na ocasião de resgates. A proposta foi elaborada considerando as avaliações e sugestões de pessoas que utilizam esse tipo de mapa, bem como de uma análise dos mapas de emergências elaborados por diferentes órgãos e instituições. Com isso, pretende-se colaborar com o trabalho de diversos grupos, como a Defesa Civil, Bombeiros, Prefeitura Municipal, entre outros, no momento da resposta ao desastre, pois nem todas as pessoas envolvidas são profissionais ligados à cartografia.

METODOLOGIA

Inicialmente, para a realização deste estudo, foram utilizados cartas-imagem e mapas de inundação, descritos a seguir:

Cartas-imagem e mapas de inundação do International Charter Space Major Disasters, no total de 21, disponíveis no endereço <http://www.disasterscharter.org/home>;

Cartas-imagem e mapas de inundação do programa UNOSAT¹, no total de 20, disponíveis no endereço <http://www.unitar.org/unosat/>;

Cartas-imagem e mapas de inundação de outras instituições, programas e projetos, sendo a maioria do Brasil, no total de 20.

As cartas-imagem e os mapas selecionados aqui são de diferentes países e em escalas também distintas. Cabe ressaltar que são todos de inundação, mas nem todos são emergenciais, principalmente, os trabalhos do último grupo, intitulado Outros mapas analisados, tendo em vista a dificuldade de encontrar esse tipo de mapeamento realizado no Brasil.

Foi desenvolvido também um questionário enviado a 90 profissionais, com perguntas relacionadas à cartografia, tais como: pontos positivos e negativos de mapas de inundação, opiniões sobre título, escala, datum, projeção, mapa auxiliar, padronização, posição dos elementos, entre outros fatores.

Inicialmente, o questionário apresentou um quadro em que eram solicitadas informações gerais do informante, como o dia em que ele respondeu ao questionário, idade, formação profissional, local do trabalho, função que desenvolve, tempo que trabalha na função, frequência e tipo de mapa que utiliza.

As questões abordavam a cartografia de inundação de diversas formas, sendo algumas questões sobre cartografia geral, outras sobre o tema em específico e algumas sobre particularidades do informante.

O questionário em si iniciou-se com a apresentação de quatro mapas de inundação, dois obtidos do Disasters Charter (sendo um deles brasileiro), um da UNOSAT e outro retirado de um trabalho realizado no Brasil. A escolha dessas cartas-imagem e mapas foi dada devido aos diferentes modos de apresentação, ou seja, eles possuíam diferentes números de informações, cores e posicionamentos. Essa questão pedia ao informante que indicasse qual dos

¹ O UNOSAT é um programa de tecnologia que fornece análises de imagens e soluções de satélite para organizações, visando à ajuda e ao desenvolvimento no mundo.

trabalhos, na opinião dele, melhor representava o fenômeno de inundação e os motivos que o levaram a essa escolha. A questão seguinte foi relacionada ao mapeamento escolhido, perguntava sobre os pontos positivos e negativos do trabalho.

A partir de então, foram apresentadas questões relativas às cores com que as inundações eram apresentadas, posição dos elementos, título, datum, projeção, escala, norte, legenda, nomenclatura, simbologia, título, mapa de apoio, texto auxiliar, entre outras questões relacionadas à cartografia de inundação.

Visando à geração de cartas-imagem, foram utilizadas as seguintes imagens de satélite de observação da Terra:

Imagens LANDSAT5/TM, identificada pela órbita 221, ponto 81, bandas 3, 4 e 5, de 01 de outubro de 2007 (período de inundação) e 03 de fevereiro de 2007 (período de normalidade), com resolução espacial de 30 metros, obtidas do Catálogo de Imagens do Centro de Dados de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no endereço <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>;

Imagens LANDSAT7/ETM+, identificada pela órbita 221, ponto 81, bandas 3, 4 e 5, de 25 de setembro de 2002 (período de inundação) e 23 de julho de 2002 (período de normalidade), com resolução espacial de 30 metros, obtidas do Catálogo de Imagens do Centro de Dados de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, no endereço <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>;

Imagens MODIS, do satélite TERRA, bandas 2, 4 e 7, de 31 de novembro de 2009 (período de inundação) e 29 de setembro de 2009 (período de normalidade), com resolução espacial de 250 metros, obtidas do Sistema de Resposta Rápida do MODIS (MODIS Rapid Response System), no endereço <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/>.

Foi utilizado o software Excel, para a tabulação dos dados e elaboração de gráficos, tanto dos mapas analisados quanto dos questionários que foram aplicados; ArcGIS 9.3 para a realização das composições coloridas; AutoCAD 2008 para georreferenciamento das imagens e extração das temáticas e CorelDraw X3 para a edição final dos mapeamentos.

O International Charter Space Major Disasters é um acordo internacional entre agências espaciais para apoiar, com dados e informações espaciais, os esforços de ajuda em caso de eventos de emergências causados por grandes desastres, tendo o objetivo de melhorar a eficácia e a organização das operações de socorro nas regiões afetadas, prevenir acidentes e aperfeiçoar a reconstrução das infraestruturas destruídas por grandes desastres. Assim, o Charter objetiva proporcionar um sistema unificado de aquisição e liberação de dados espaciais para aqueles países afetados por desastres naturais ou causados pelo homem (<http://www.disasterscharter.org>).

Cada Agência Membro compromete-se a oferecer recursos para apoiar o compromisso de prover dados espaciais ao Charter e, dessa forma, auxiliar a mitigar os efeitos causados pelos desastres.

É interessante salientar que o Disasters Charter trabalha mais especificamente com mapas emergenciais, fazendo um trabalho bastante importante, que atende todo o mundo.

Os mapas presentes no endereço eletrônico <http://www.disasterscharter.org>, do International Charter: Space and Major Disasters, são, muitas vezes, realizados com o apoio do UNOSAT-UNITAR (United Nations Institute for Training and Research), que é um programa que realiza análises de imagens de satélite e desenvolve soluções de pesquisa para dentro e fora do sistema das Nações Unidas para ajudar áreas críticas, com auxílio humanitário, segurança, ordenamento do território e desenvolvimento estratégico. Assim, foram utilizados diversos mapas, 21, particularmente desse órgão para realização de análises para este trabalho (<http://www.unitar.org/unosat/>).

Salienta-se que a maioria dos trabalhos retirados do UNOSAT é de regiões do Paquistão. Isso se deve ao fato de haver um grande número de mapas de inundação realizados naquele país e encontrados no site do referido. Aquele país enfrenta inundações com expressiva frequência, além do significativo número de pessoas afetadas.

É interessante salientar que os trabalhos foram analisados de forma padronizada, por meio dos mesmos pontos de análise e, após uma observação dos trabalhos de inundação, juntamente com pesquisas bibliográficas, foram

elencados os pontos de análise, para que fosse possível avaliá-los de forma coerente.

Os itens analisados foram os seguintes: Título, legenda, escala, datum, projeção, coordenada, simbologia, nomenclatura, cores, indicação de Norte, apresentação de mapa em escala menor e texto complementar.

Optou-se pela elaboração de um questionário, que é um método bastante utilizado na coleta de dados, em que o respondente pode valer-se do anonimato, o que permite que as respostas correspondam mais fielmente ao que ele realmente pensa sobre o tema (PARRA e SANTOS, 1998).

A elaboração das perguntas para o questionário baseou-se na literatura que trata de normas, elementos cartográficos e inundação; nas análises dos trabalhos de inundação e até mesmo em discussões com pessoas da área. Após a seleção das perguntas e finalização do questionário, houve a aplicação entre profissionais de locais onde o mapa de inundação é de fundamental importância, como Defesa Civil, Exército, bombeiros, universidades e instituições, com a finalidade de avaliar como essas pessoas veem os mapas e quais as carências apontadas por eles. Essas questões colaboraram na elaboração de uma legenda padronizada para mapas de inundação. É válido destacar que os informantes são das mais diversas áreas, o que enriquece a pesquisa de forma significativa, pois fornece visões bastante distintas no que tange a mapas de inundação.

Visando a um bom controle dessa etapa, criou-se um endereço eletrônico (guilherme.ppggeo@gmail.com) e os e-mails foram enviados individualmente, na tentativa de evitar que eles fossem considerados spams pelo sistema.

Foram enviados 90 questionários, tendo retorno de apenas 33. Após a aplicação dos questionários, houve a tabulação dos dados. No caso de perguntas fechadas (objetivas), foi realizada de forma direta, sendo que cada coluna representa uma alternativa. Já para perguntas abertas (discursivas), foi realizada uma análise das palavras mais frequentes que representaram a opinião do informante.

Concluída a fase de coleta das cartas-imagem e dos mapas, bem como da aplicação dos questionários, foi realizada a tabulação dos dados no software Excel, em que foram criadas tabelas com diferentes elementos. As cartas-imagem e os mapas foram tabulados de acordo com os pontos de análise já citados no presente trabalho, retirados das três fontes utilizadas (Disasters

Charter, UNOSAT e Outros mapas analisados), e os questionários de acordo com cada questão apresentada.

Na análise foi empregada a estatística descritiva, em que a realidade observada é descrita com a utilização de métodos numéricos e gráficos. Este último foi empregado para apresentar de modo mais claro o resultado encontrado na tabulação dos dados (PIRES, STRIEDER e DAL'ASTA, 2011).

A partir disso, foi realizada uma integração dos dados, ou seja, uma avaliação dos resultados obtidos a partir do questionário, juntamente com os resultados das avaliações dos mapas de diferentes instituições. Isso foi possível dada à compatibilidade das questões apresentadas no questionário, com os pontos julgados relevantes na análise das cartas-imagem e dos mapas. Assim, pode ser realizada uma comparação entre as respostas dos entrevistados relativas a determinado assunto e confrontar com o que se viu na realidade dos mapeamentos dentro dessa mesma questão. Isso foi de fundamental importância na pesquisa, pois ditou o grau de proximidade entre os mapas e o ideal dos informantes.

Para a elaboração da proposta, foi utilizada, como área teste, a área da região metropolitana de Porto Alegre e baixo curso do rio Jacuí. Para a primeira carta-imagem desenvolvida, foi utilizada uma imagem LANDSAT-5/TM, órbita 221, ponto 81, da área teste, do dia 01/10/2007. Após uma análise desta imagem, percebeu-se a necessidade de obter-se outra, de uma data distinta e sem inundação, para delimitar o rio em seu período de normalidade e no período de inundação, realçando, assim, a área inundada. A imagem escolhida foi a do dia 03/02/2007.

Assim, utilizando-se o software ArcGIS, atribuiu-se a cor azul à banda 3, verde a 4 e vermelha a 5, tendo, como resultado, composição colorida, em que, basicamente, a água ficou representada pela cor azul e a área urbana com um tom de rosa/roxo, a vegetação de verde e o solo exposto em rosa. Esse processo foi realizado de forma idêntica em ambas as datas.

Após a elaboração da composição colorida, utilizou-se o software AutoCAD para georreferenciamento, em que foram coletados cerca de 20 pontos base. Em seguida, com o georreferenciamento realizado, utilizou-se a ferramenta polyline para destacar as temáticas.

Por fim, com todas as temáticas julgadas relevantes sendo evidenciadas, utilizou-se o software CorelDRAW para a arte final. Neste momento, ajustaram-se as cores e foram colocados alguns detalhes, como informações da carta-imagem, escala, um pequeno texto auxiliar, mapa de apoio, informações de rodovias (BRs e RSs), cidade principais, aeroportos, rodoviárias, nomes de rios, lagos, lagoas e lagoas, pontes, entre outros detalhes, dependendo da necessidade da carta-imagem de acordo com sua escala.

Após a elaboração da primeira carta-imagem, na escala de 1:100.000, percebeu-se a necessidade de trabalhar com outras escalas, a fim de apresentar a padronização a qual se propõe a presente pesquisa em outras realidades e observar quais alterações e informações seriam necessárias nessas outras cartas-imagem.

Para isso, foram utilizadas imagens LANDSAT-7/ ETM+ para a elaboração de uma carta-imagem de escala maior. Esse segundo mapa foi elaborado na escala 1:40.000, com um recorte da região específica da primeira carta-imagem, que é a região metropolitana de Porto Alegre - RS.

Para este trabalho, seguiram-se os mesmos preceitos do primeiro, com pequenas alterações devido às suas particularidades, tais como nome de avenidas principais, além de BRs e RSs, localização de Prefeitura, quartel de bombeiros e escolas.

Após a realização desta segunda carta-imagem, decidiu-se elaborar um terceiro trabalho, dessa vez, em uma escala pequena, a fim de mostrar como essa proposta cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação seria apresentada nesse tipo de escala. Para sua elaboração, foram utilizadas imagens MODIS, abrangendo todo o estado do Rio Grande do Sul, referente à inundação do dia 29/11/2009 e outra relativa ao período de normalidade dos rios, do dia 31/09/2009.

O processo de elaboração dessa proposta de padronização cartográfica foi o mesmo utilizado nas cartas-imagem com as imagens LANDSAT, com exceção das bandas utilizadas, que, neste caso, foram as bandas 7 (R), 2 (G) e 4 (B), e das particularidades exigidas por uma carta-imagem em escala pequena, 1:500.000.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise das Cartas-Imagem e dos Mapas de Inundação e Aplicação de Questionários

No Brasil, poucos mapas emergenciais são elaborados e a maioria deles é gerada com imagens do Google Earth, que não possuem boa precisão (LOPES, 2009). Por essa razão, não havia muitos mapas e cartas-imagem emergenciais do Brasil para comparar com os do Disasters Charter e do UNOSAT.

Foram analisados mapas de diversos locais do mundo e em diferentes idiomas, havendo, muitas vezes, também alguns percalços na análise de alguns mapas, já que, por algumas vezes, estes eram tão incompletos, que dificultavam as constatações, deixando dúvidas se eram mesmo mapas de inundação, pois muitos são tratados como meras figuras e não apresentavam quesitos básicos como título e legenda, além de outros elementos, como datum, projeção e escala que também eram, muitas vezes, negligenciados.

Constatou-se que muitos mapas possuem carências quanto aos elementos apresentados. Percebeu-se que não há um padrão quanto à cartografia de mapas de inundação, já que foram observados trabalhos bastante distintos dessa temática.

Observou-se que, de forma geral, as considerações feitas pelos informantes vão ao encontro do que as normas cartográficas estipulam. Desse modo, há uma facilidade quanto à conciliação de uma padronização cartográfica para mapas e cartas-imagem de inundação e o seu público.

Por algumas vezes, os informantes contradizem-se, já que acreditam estar satisfeitos com a cartografia de mapas de inundação, mas quando questionados separadamente sobre alguns elementos, eles mostram-se bastante críticos.

De acordo com as respostas dos informantes, ficou evidente as carências existentes nos mapas de inundação, como falta de padrão de cores, denominações e informações, elementos que dificultam a compreensão do material.

Ficou evidente que a maioria dos informantes considerou a cor azul a melhor para ser utilizada na representação de inundações, o que apesar de ser uma convenção na cartografia topográfica, muitas vezes, não é respeitada, pois

como a inundação é um fenômeno e não simplesmente um corpo d'água, como lago, laguna, lagoa, açude, rio, mar e oceano (comumente representados na cartografia tradicional), observa-se a utilização de outras cores.

Ainda quanto à padronização, a maioria dos informantes alegou que se as posições dos elementos obedecessem a uma norma, ou seja, todos os mapas de inundação fossem apresentados com os mesmos dados e nos mesmos locais, a leitura seria facilitada. Também a maioria dos informantes foi favorável à padronização do termo utilizado, por exemplo, "Área Inundada", com a finalidade de trazer uniformidade à terminologia.

Os informantes mostraram-se favoráveis às normas ao indicarem, em sua grande maioria, 79%, que os títulos dos mapas devem ser completos, possuindo indicação do fenômeno que é representado (O quê?), onde ocorreu (Onde?) e a data da ocorrência (Quando?).

Ficou bastante evidente a relevância, conforme os informantes, da utilização de mapas de apoio para colaborar no entendimento do local. Neste mesmo sentido, foi comentada a importância da utilização de elementos básicos da cartografia, que, por vezes, não são utilizados, como escala, Norte, datum, projeção, coordenadas e textos auxiliares.

Percebeu-se também uma grande preocupação quanto à clareza e objetividade dos mapeamentos, sendo citada pelos informantes a importância de um equilíbrio nos trabalhos, ou seja, que, dependendo da escala, fossem adotadas as medidas necessárias para não resultar em um mapa com excesso ou carência de informações, visto que qualquer uma dessas situações seria negativa para o leitor do mapa.

Sendo assim, verifica-se uma grande insatisfação por parte dos informantes com relação à cartografia de mapas de inundação. Salienta-se, assim, a relevância dessa situação, visto que foram avaliadas as opiniões de diversos tipos de profissionais, em diferentes funções e fases de suas carreiras, que foram de fundamental importância para a posterior elaboração das legendas para cartas-imagem de inundação.

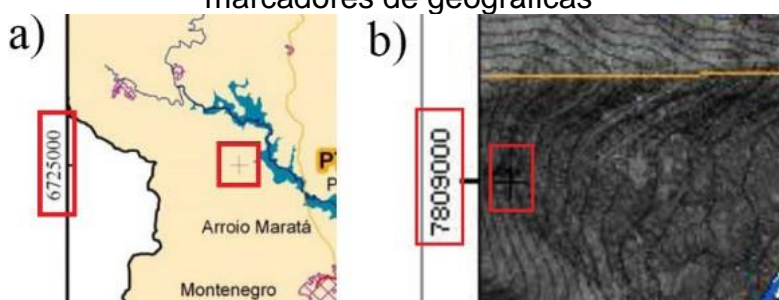
Proposta de Padronização Cartográfica para Carta-Imagem Emergencial de Inundação

Levando em consideração todos os pontos de análise utilizados para avaliar os mapas de inundação encontrados em grandes instituições, dissertações e teses, além do questionário aplicado entre os profissionais que trabalham de alguma forma com mapeamentos, além da literatura voltada à cartografia, propôs-se um mapa padrão de inundação, que obedeça aos preceitos vistos até então.

Para a elaboração do mapa, inicialmente, levou-se em consideração a Norma para Desenho Técnico – ABNT NBR 10647, que apresenta as margens necessárias de acordo com o tamanho da folha utilizada. No caso deste trabalho, sendo utilizado o formato A4, as margens devem ser de 25 mm à esquerda e 7 mm à direita. É válido salientar que esse espaço maior à margem esquerda existe para a necessidade de perfuração para arquivamento (ABNT, 1987).

Outro ponto encontrado nos trabalhos foi a falta de compatibilidade entre a coordenada apresentada e como ela era exposta no mapa. Assim, tomou-se cuidado de usar linhas que representassem as coordenadas X e Y, em caso de coordenadas UTM, ou marcadores de interseção de linha, caso fossem utilizadas coordenadas geográficas. Na prática, também é comum que o profissional indique o uso de do tipo de coordenada, mas, no trabalho, utilize outro. Como exemplo disso, tem-se a Figura 1.

Figura 1 - Exemplo de mapas que utilizaram de coordenadas UTM com marcadores de geográficas



O ponto que exigiu maior cuidado foi a legenda, que, além de ajudar na leitura do que é apresentado no mapa, ainda traz a necessidade de bastante atenção por parte do profissional que a elabora, pois é preciso decidir a colocação ou não de algum elemento. Dependendo da escala, da necessidade, alguns descuidos podem diferenciar um trabalho bastante completo de um com excesso de informações, ou um mapa objetivo de um carente de informações.

A proposta de padronização cartográfica do presente trabalho visou adotar a apresentação de rodovias e diferenciá-las, localizar as sedes dos principais municípios e possíveis aeroportos existentes na imagem, dados necessários em mapas de inundação e, dependendo da escala utilizada, elementos como cidades principais, aeroportos, rodoviárias, rodovias (BRs e RSs), bombeiros, escolas etc., que são de fundamental importância, pois auxiliam a Defesa Civil e outros grupos em suas ações nas emergências.

Portanto, foram elaboradas três legendas cartográficas bastante semelhantes, ou seja, seguindo um padrão quanto à elaboração, com algumas variações de acordo com a escala adotada. Isso foi feito para apresentar a proposta de carta-imagem de inundação em diferentes situações, com escala média e pequena, havendo, então, uma diferença no nível de detalhes e na abrangência do mapeamento quanto à área.

Quanto à legenda, de forma geral, foi adotada a cor azul para os corpos d'água, conforme a norma de cartografia, com pequenas variações de tom, de acordo com o que a cartografia brasileira adota nas cartas topográficas e levando em consideração o que os informantes indicaram nos questionários.

Assim, o curso de água em seu período de normalidade foi representado pela cor azul escuro e a inundação, em um tom de azul mais claro. Conforme os resultados do questionário, esta seria a melhor forma de representar a inundação. Para os açudes, lagoas, lagoas e lagos, foi utilizado um tom ainda mais claro de azul, diferenciando-se tanto da inundação, quanto do curso normal dos rios. Isso foi relevante até mesmo para distinguir esses corpos d'água de suas próprias inundações. A variação nos tons de azul da representação das águas, de forma geral, seguiu as normas cartográficas. Foram atribuídos valores do RGB (red, green e blue) no software de arte final CorelDRAW. Para todas as cartas-imagem geradas neste trabalho, os valores do RGB dos cursos normais dos rios foram R(40), G(22) e B(111) e, para a área inundada, esses valores foram R(0), G(147) e B(221).

A legenda também destaca outros elementos, como área urbana, vegetação, solo exposto e até mesmo areia, caso estivessem presentes. Essa primeira parte da legenda serve como base, auxiliando na primeira observação, utilizando cores para facilitar a leitura e conseqüente interpretação dos elementos.

A partir de então, foram incorporados outros elementos importantes da área escolhida. Para isso, foram destacadas as cidades, rodovias (nacionais e estaduais), pontes, rodoviárias e aeroportos. Esses elementos foram representados à medida que a escala permitia, ou seja, se o nível de detalhamento era compatível com a dimensão do elemento e se havia tal situação no local escolhido. Dessa maneira, alguns elementos podem estar presentes em um mapa e não estar em outro, ou podem estar presentes em ambos, mas de forma diferenciada, estando essa questão no campo da Generalização cartográfica.

Esses elementos, da segunda parte da legenda, foram escolhidos pois são importantes para mapas emergenciais. Estes são mapas emergenciais de resposta, ou seja, que são utilizados para atuar em campo, compondo cerca de 90% dos mapas de inundação e é para esse tipo de trabalho que a proposta de padronização da presente pesquisa foi elaborada.

Temas como vias de acesso (estradas e rodovias), serviços (bombeiros, escolas, aeroportos, postos de saúde e hospitais), entre outros, são importantes para mapas emergenciais, já que, muitas vezes, apesar de serem utilizados por pessoas que sabem ler mapas, eles não necessariamente são profissionais da área de cartografia. Portanto, a legenda precisa ser clara, objetiva e de fácil entendimento, apresentando temáticas ou elementos que facilitem o trabalho do profissional que está em campo e atuando em Situações de Emergência, como resgate e salvamento, sem que haja desperdício de tempo.

Os elementos foram considerados importantes ou não, de acordo com a bibliografia voltada a mapas, normas cartográficas, trabalhos anteriormente realizados e as respostas dadas pelos informantes no questionário.

Concluindo a etapa da legenda, foram destacados outros elementos importantes, tais como escala, datum utilizado e projeção, que, por muitas vezes, são esquecidos nos mapas de inundação, conforme avaliado. A escala foi destacada, pois permite ao leitor saber quantas vezes a realidade foi reduzida para ser apresentada no mapa, o datum, pois indica o ponto de referência a partir do qual a representação dos paralelos e meridianos (e todo o restante) está relacionado, já que diferentes datas são baseadas em modelos matemáticos distintos, e a projeção por esclarecer como a realidade foi projetada e como as distâncias, áreas e formas foram representadas.

Conforme o que foi constatado na pesquisa com as cartas-imagem e mapas de inundação, além do que foi dito pelos informantes nos questionários, julgou-se relevante um mapa auxiliar, em escala menor, que colaborasse para uma visualização do local de forma mais ampla. Assim, confeccionou-se um pequeno mapa do Rio Grande do Sul, destacando a área trabalhada em pequena escala.

Também conforme os dados levantados indicaram, foi incluído um pequeno texto auxiliar com as seguintes informações: como o mapa foi confeccionado, fonte e datas das imagens, identificação do elaborador e a data em que o mapa em foi elaborado.

Por fim, no próprio mapa, foram indicados todos os pontos citados na legenda, além dos nomes das cidades, rios principais, escala, coordenadas geográficas, devido à maior facilidade na utilização em campo (principalmente para profissionais não especializados) e logotipos.

Foi escolhida a região metropolitana de Porto Alegre e o baixo curso do rio Jacuí para serem elaborados os dois primeiros mapeamentos. O município fica às margens do Lago Guaíba de Oeste a Sul, ainda compreendendo os rios Gravataí, dos Sinos, Jacuí e Caí. Ainda se destacam alguns arroios, tais como: Feijó, Cavalhada, do Salso, das Graças, do Lami, da Taquara, Chico Barcelos e Dilúvio. Fez-se, então, uma composição colorida, com as bandas 5(R), 4(G) e 3(B), do satélite LANDSAT-5/TM disponíveis na página do DGI-INPE. Essa imagem representou a data da inundação, ou seja, a partir dela foi extraída a temática de áreas inundadas, além de ser a imagem base do primeiro mapeamento.

Para ter-se um parâmetro do curso normal das águas desse local, foram solicitadas ao DGI-INPE as imagens também LANDSAT-5/TM do dia 03/02/2007, que foi a data mais próxima com pouca interferência de nuvens. Dessas imagens, também foram selecionadas as bandas 5, 4 e 3 e realizada uma composição colorida (5 4 3 RGB) por meio do software ArcGIS.

Depois de realizada a composição colorida, foi retirado o curso normal das águas na data de 03/02/2007 e colocadas sobre a imagem de data posterior, 01/10/2007, utilizando o software CorelDRAW X3. Desse modo, foi possível comparar os cursos d'água nas diferentes datas, com e sem inundação.

Cabe salientar que o software CorelDRAW X3 foi utilizado para edição final, ou seja, para deixar o mapeamento o mais apresentável e claro possível, tendo sido tomado cuidado quanto às normas, pois o objetivo do presente trabalho é, fundamentalmente, propor um padrão cartográfico para cartas-imagem de inundação. A escolha desse software deu-se por não se estar analisando o fenômeno de inundação em si (para isso, poderia ter sido adotado um SIG), mas para propor um padrão para mapeamentos de inundação, ou seja, foi feita uma simulação.

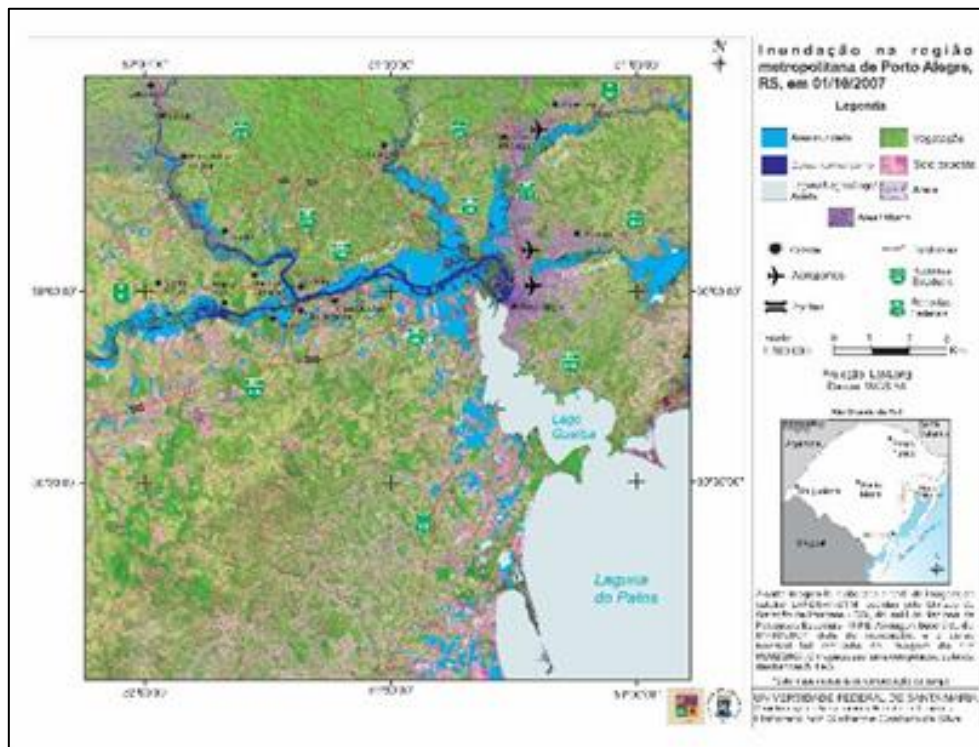
A escolha das bandas 5, 4 e 3 para a composição colorida deu-se conforme informações verificadas no site do DGI-INPE, pois se trata de uma composição que mostra mais claramente os limites entre solo e água, permitindo discriminar bem a vegetação. Dessa forma, a extração das temáticas a partir de aplicativos, como SIGs e sistemas de processamento de imagens, fica relativamente fácil para o profissional editor cartográfico.

As imagens do LANDSAT-5/TM possuem uma resolução espacial de 30 metros, ou seja, cada pixel da imagem representa um quadrado no solo com o lado igual a 30 metros, com exceção da banda 6, mas esta não foi utilizada.

Como exposto anteriormente, a proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação elaborada visou estar de acordo com o exposto pelos profissionais respondentes e teve, como base, as observações de trabalhos do Disasters Charter, UNOSAT e mapas retirados de trabalhos afins. Mas não se pode deixar de seguir algumas normas, havendo um equilíbrio entre a liberdade do profissional que elabora o mapa e as regras que norteiam os mapeamentos. Expostos todos esses pontos, apresenta-se a primeira proposta de padronização cartográfica para carta-imagem de inundação, em escala média, semidetalhe, de 1:100.000, conforme a Figura 2. Neste trabalho, pode-se notar um grande trecho do Rio Jacuí, entre outros rios importantes e, conseqüentemente, significativos pontos de inundação em diversos locais, tanto dos rios, quanto de lagos, lagunas e açudes.

Devido à escala, consegue-se pontuar diversos municípios, apresentam-se as principais estradas federais e estaduais, pode-se observar o Lago Guaíba por inteiro e uma boa porção da Laguna dos Patos.

Figura 2 - Padronização para carta-imagem emergencial de inundação em escala média



Para apresentar outra percepção, realizou-se um mapeamento também em escala média, mas, dessa vez, significativamente maior, 1:40.000, do mesmo local, a região metropolitana de Porto Alegre. Para tanto, utilizou-se novamente uma imagem da página do DGI-INPE, mas, neste caso, do satélite LANDSAT-7, sensor ETM+. A segunda carta-imagem foi realizada com imagem dos dias 25/09/2002 (data da inundação) e 23/07/2002 (curso normal). A partir dessas imagens, pode-se realizar uma proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação em escala maior, 1:40.000. Esse resultado está presente na Figura 3.

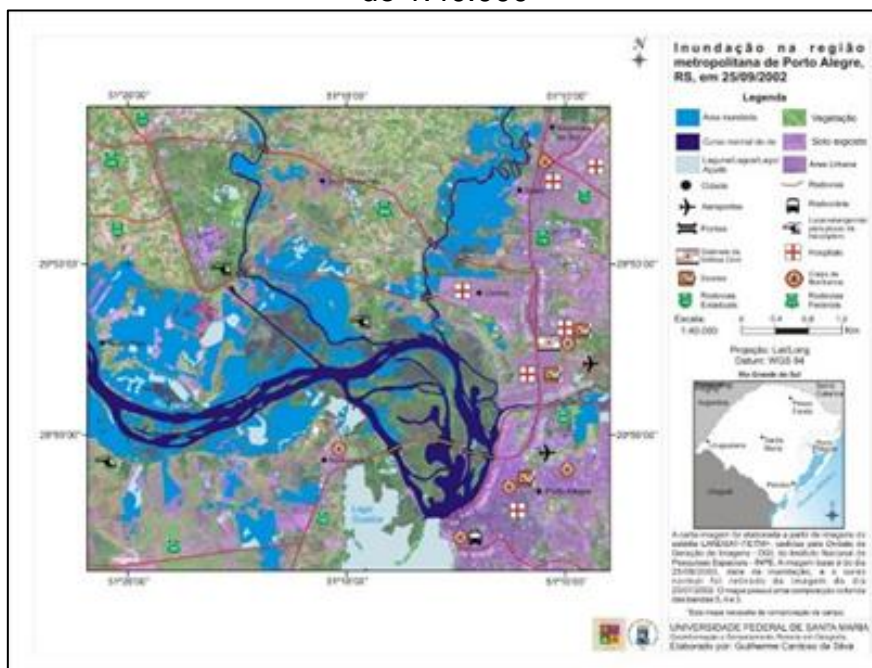
Nessa legenda, além de informações sobre aeroportos, foram representadas também as rodoviárias, hospitais, Defesa Civil, quartel de bombeiros e algumas escolas, já que a escala permitiu esse tipo de informação. Igualmente, pelo maior nível de detalhamento, foi possível localizar e inserir o nome de algumas ruas. Por fim, adicionou-se o elemento “helicóptero”

na legenda, fazendo referência ao momento do resgate. Cabe salientar que nem todos os elementos presentes nesse mapa são postos como obrigação, pois mesmo que a ideia do trabalho seja a padronização cartográfica, muitos símbolos são colocados como sugestão e, por mais que um mapa seja elaborado

em uma escala semelhante, não há necessidade de haver os mesmos elementos.

A localização dos helicópteros no mapa visa mostrar locais adequados para pouso de helicópteros em Situação de Emergência, com o propósito de orientar as ações de salvamento e resgate e, dependendo da situação, podem ser colocados em outros pontos estratégicos, na tentativa de ajudar as equipes em seu trabalho em campo.

Figura 3 - Padronização de carta-imagem emergencial de inundação na escala de 1:40.000



É importante que o mapa não perca sua função e permaneça claro e objetivo, além de, evidentemente, obedecer às normas cartográficas. Dessa forma, haveria um equilíbrio entre a cartografia e a liberdade do cartógrafo.

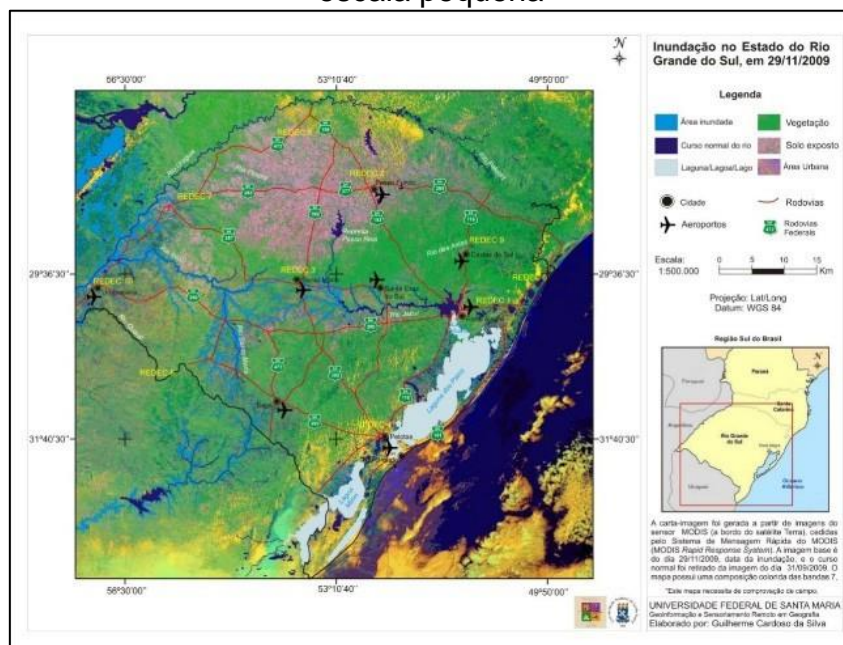
Ainda visando à questão das escalas, foi definida a elaboração de uma proposta para mapa de inundação em escala pequena, para isso, foram utilizadas as imagens MODIS e definiu-se o estado do Rio Grande do Sul como área teste.

Essa proposta de carta-imagem foi elaborada com uma imagem do dia 29/11/2009, referente a um evento de inundação, sendo esta a imagem base do trabalho, e outra do dia 31/09/2009, na qual que foi delimitado o curso dos rios

em seu período de normalidade. Em ambas as imagens, foram utilizadas a composição colorida com as bandas 7 (R), 2 (G) e 4 (B).

A terceira e última proposta foi a que mais se diferenciou das demais. Isso se deve ao fato de ter sido utilizada uma escala pequena, de 1:500.000. Devido à resolução espacial de 250 m das imagens MODIS, este último mapa apresenta menos detalhes, mas, em compensação, abrange uma área muito maior (Figura 4). Assim, foi representado o estado do Rio Grande do Sul, tendo, como base, uma grande inundação ocorrida no ano de 2009.

Figura 4 - Proposta de padronização para carta-imagem de inundação em escala pequena



Percebeu-se que, para não poluir a carta-imagem, dever-se-ia utilizar apenas as BRs, já que a representação também das estaduais poderia tirar um pouco o foco do trabalho, dificultando a visualização da temática principal do mapa, que é a inundação. Também se optou por não empregar símbolo que indicasse as rodoviárias, pois, em um mapa em escala pequena, com tantos municípios, não haveria a possibilidade de colocar as rodoviárias de tantas cidades, já que sobrecarregaria o mapa e dificultaria a visualização do tema principal.

Optou-se pela representação dos aeroportos, que seria útil para mapas emergenciais de inundação, por exemplo, e um número bem menor de

municípios no estado possuem aeroportos, se comparado a rodoviárias, não sobrecarregando o mapa com excesso de signos. Esse detalhe foi levado em consideração devido a um dos mapas, apresentados aos profissionais que responderam aos questionários, ter uma legenda excessivamente carregada de signos, o que acabou dificultando a identificação da área afetada pela inundação.

Outra alteração bastante evidente é a apresentação do mapa de apoio. Já que os dois primeiros mapas foram elaborados em escalas médias, o mapa de apoio apresentava o estado do Rio Grande do Sul, a fim de localizar o leitor cartográfico. Mas como este apresentava todo o estado, um mapa de apoio que abrange quase a mesma área não seria algo útil na prática. Então, elaborou-se um mapa de apoio que apresenta a Região Sul do Brasil, ou seja, os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além dos países fronteiriços, Uruguai e Argentina.

Foi incluído, igualmente, um quadrante na cor vermelha para destacar a área abordada no mapa principal, deixando evidente ao leitor a área que se representou a inundação.

Por fim, indicaram-se, neste último mapa, as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil – REDEC, objetivando um complemento, além de também apresentar uma alternativa para esse tipo de trabalho. Este não é um elemento obrigatório, ficando a critério do editor cartográfico, de acordo com as necessidades do mapeamento. Essa informação, em específico, pode ser útil para agregar mais uma informação para o profissional que atua em campo, não prejudicando a clareza e a objetividade do trabalho.

Estas são algumas facilidades que o mapa temático e, principalmente, o mapa temático digital apresentam. As informações podem ser inseridas e retiradas de acordo com as necessidades, desde que as normas cartográficas sejam seguidas e que se tenha cuidado com a apresentação das informações. Assim, utilizando a mesma base pode-se, com algumas variações na legenda e nos símbolos, elaborar diferentes mapas para serem entregues a diferentes profissionais, tais como do exército, da Defesa Civil, da área da saúde, entre outros.

Com relação às normas cartográficas e ao que foi discutido em toda a pesquisa, incluindo os mapas avaliados e as respostas dos informantes,

percebe-se que as cores precisam ser utilizadas com rigor, sendo o mais coerente possível com o que é estipulado.

Ao usar o vermelho para representar a inundação, pode-se confundir este com outro elemento, como as rodovias, por exemplo, que comumente são representadas por essa cor no âmbito da cartografia topográfica. O mesmo ocorre com outras cores, como o verde, que é utilizado para vegetações em geral. Se for utilizado para outro elemento, corre-se o risco de confundir o leitor.

Mesmo com o emprego da variação de tons pode ocorrer equívocos. Este trabalho apresenta a proposta da utilização de tons de azul para distinguir o curso normal das águas, das inundações. Mas dependendo da diferença entre essas cores, pode haver equívocos. Na presente proposta, optou-se por um tom de azul escuro para o curso normal e um significativamente mais claro para a inundação, julgando uma diferenciação evidente para o profissional que trabalha com esse tipo de recurso.

Da mesma forma, utilizou-se um tom ainda mais claro para açudes, lagos, lagoas e lagoas, de acordo com as normas, tendo uma boa diferenciação entre os três tons de azul. Assim, a inundação ficou representada pela mesma cor, quando presente em rios, açudes, lagos etc.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da cartografia como ciência hoje é incontestável. Após milhares de anos, a sociedade passou por mapas primitivos até chegar à tecnologia da cartografia digital, uso de imagens de satélite, SIG etc.

Junto a isso, a cartografia organizou uma série de normas que norteiam a elaboração de mapas. Mas, mesmo com tamanha evolução da ciência, percebem-se, atualmente, algumas carências em princípios básicos.

Com a cartografia digital e seu uso ampliado para representar diversas temáticas, juntamente com o acesso facilitado de computadores e softwares, além do conhecimento em geral, os mapas são gerados dos mais diversos locais, desde empresas (que não se relacionam), até estudantes de graduação, ou curiosos da área. Dessa forma, ao obedecer às normas internas e usar a liberdade do editor cartográfico, tem-se uma heterogeneidade significativa nos mapas de uma mesma temática.

Os mapas podem apresentar diferentes elementos de acordo com a necessidade de cada trabalho e da situação que está sendo representada. Isso ocorre, principalmente, devido às particularidades de cada inundação. O que deveria ser evitado é que os mapeamentos fossem elaborados sem qualquer cuidado, levando exclusivamente em consideração a liberdade do editor cartográfico, sem obedecer às normas cartográficas e a um padrão.

Isto não significa que os mapas de inundação tenham que ser exatamente iguais, apenas levar em consideração um mesmo exemplo e é neste ponto que a padronização de mapas de inundação viria a colaborar.

No caso dos mapas de inundação, fica evidente que a heterogeneidade dos trabalhos vem a dificultar as análises, atrasando o processo que é de fundamental importância em se tratando de mapas emergenciais, em que a velocidade de atuação é altamente relevante.

Nota-se que os mapas de diferentes instituições não possuem uma preocupação com a compatibilidade de cores e distribuição dos elementos dentro do mapa. Também se percebe que, no Brasil, muito se deve avançar neste sentido, visto que nem mesmo a terminologia é clara. Por alguns momentos, os mapas são citados como meras figuras, o que tira a responsabilidade científica do trabalho, mas logo, na sequência, são intitulados mapas, o que deixa a leitura dúbia.

Os profissionais de diversas áreas que trabalham com cartografia, direta ou indiretamente, mostram-se bastantes favoráveis à ideia de uma padronização dos mapas de inundação. Muitos deles citam diversos pontos que merecem uma atenção especial, seja pela falta de elementos, ou por problemas em sua representação, tais como a falta de clareza e objetividade e, mais especificamente, a falta de padrão quanto à localização dos elementos, terminologia heterogênea e a não utilização de alguns elementos, como título, Norte, mapa de apoio, texto auxiliar etc.

Se notadas as bases teóricas e as ideias ainda iniciais do trabalho, percebe-se que há forte relevância do objetivo da pesquisa. Ainda ao encontro dessa questão, tem-se as análises dos mapas de inundação de diversos locais, que comprovam a falta de homogeneidade das legendas.

Para finalizar esta análise, as contribuições dos profissionais foram de grande valia, visto que suas opiniões corroboraram com o que foi visto na

literatura e na análise dos mapas prontos. Dessa forma, com os questionários, e até mesmo por conversas via e-mail, foi possível acrescentar algumas ideias à pesquisa, o que, certamente, contribuiu para a proposta da legenda. A proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação visou contribuir para a ciência cartográfica e para a sociedade em geral, visto que o fenômeno de inundação apresenta-se com significativa abrangência e frequência em todo o mundo. Percebeu-se que o estabelecimento de um padrão cartográfico para cartas-imagem de inundação é muito importante, utilizando pequenas adaptações de acordo com a escala adotada.

Na utilização desse tipo de carta em campo, no momento da resposta ao desastre, os profissionais das mais diversas áreas poderão compreender de forma mais facilitada o que está representado no papel, ou até mesmo em dispositivos móveis. A função dessa padronização é otimizar o tempo, ou seja, os profissionais já podem imaginar como o mapa será antes mesmo de tê-lo em mãos. A partir disso, o profissional, que tem o conhecimento do padrão da cartografia para cartas de inundação, já estará preparado para as cores e localização dos elementos utilizados.

Desse modo, esta pesquisa apresentou uma proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação, com a utilização de imagens de satélite e cartografia digital, a fim de mostrar as vantagens de uma padronização dessa temática. Pretendeu-se, assim, contribuir para o desenvolvimento das atividades atreladas ao mapeamento de áreas inundadas, existindo a possibilidade de trabalhos futuros tanto no aprimoramento desta proposta, como na utilização das ideias para outras temáticas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Folha de desenho – Leiute e dimensões**. Rio de Janeiro, 1987.

BRASIL, **Secretaria de Recursos Humanos**. Resolução nº 1. Diário Oficial da União, 30 de novembro de 2009.

EM-DAT- **The International Disaster Database**. Disponível em: <<http://www.emdat.be/maps-2007>>. Acesso em: 24 junho 2012.

FLEOTIAUX. MNT - Modelo Numérico de Terreno. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, 1987.

International Charter Space Major Disasters. Disponível em: <http://www.disasterscharter.org>. Acesso em: 15/05/2013.

MARCELINO, Emerson Vieira. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2007.

PARRA, Domingos Filho; SANTOS, João Almeida. **Metodologia Científica**. São Paulo: Futura, 1998.

PIRES, Carlos Alberto da Fonseca; STRIEDER, Adelir José; DAL'ASTA, Ana Paula. **Geoestatística: caderno técnico**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2011. X

SANTOS, Suzana Daniela Rocha; HUINCA, Suelen Cristina Movio; MELO, Lineardo Ferreira de Sampaio. **Considerações sobre a utilização do pec (padrão de exatidão cartográfica) nos dias atuais**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife, 2010.

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

TEMPO DE RETORNO DE INUNDAÇÕES: APLICAÇÃO METODOLÓGICA

Bruno Zucuni Prina; Romario Trentin

DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2018.145266.

Resumo: Este trabalho visa estimar o tempo de retorno das inundações urbanas no município de Jaguari-RS. O processo metodológico adotado fez uso dos dados das réguas milimétricas obtidas na Agência Nacional de Águas (ANA) e, com o aplicativo Pesquisas HidroWeb, foi possível sintetizar os dados a fim de obter amostras do tempo de retorno das inundações. Para tanto, usaram-se seis funções matemáticas no aplicativo Excel para prever o tempo de retorno e, depois, comparar os dados para obter a melhor estimativa. Entre várias informações obtidas, compararam-se: a correlação entre as amostras e os dados estimados, por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson (R^2) e o desvio padrão dos resíduos. Por meio das várias análises, constatou-se que a função que melhor modela o tempo de retorno das inundações urbanas na área de estudo é a logarítmica, por gerar o maior R^2 e o menor desvio padrão dos resíduos.

Palavras-chave: Coeficiente de correlação linear de Pearson. Tempo de retorno. Inundações urbanas.

FLOOD RETURN TIME: METHODOLOGICAL APPLICATION

Abstract: This paper has the purpose to perform the estimated time of return for urban floods in the city of Jaguari, Brazil. The methodological process of this paper occurred with use the data from millimeter rulers obtained from the Agência Nacional de Águas (ANA), and, thus, with the utilization of app Pesquisas HidroWeb, it was synthesized for the purpose data to obtain samples of time of return for floods. It was used six mathematical functions, from Excel, in order to predict the time of return and subsequently comparing the data, obtaining the best estimate. Like this, between various information obtained, were compared: the correlation between the samples and the estimated data through the Linear Correlation Coefficient of Pearson (R^2) and the standard deviation of residues. Therefore, from the various analyzes, was observed that the function better modeling the estimate of time of return in the study area is Logarithmic, for generating the highest R^2 and standard deviation of the lowest of residues.

Keywords: Linear Correlation Coefficient Pearson. Time of return. Urban Flooding.

INTRODUÇÃO

Entre os inúmeros assuntos que estão em destaque na mídia (reportagens) e na comunidade científica (produções acadêmicas), ultimamente, muitos referem-se a problemas oriundos de desastres naturais, boa parte relativa a inundações urbanas. Tais eventos são comuns em meios informativos e sua frequência, assim como seus danos, são vivamente acentuados com o passar do tempo. Destaca-se o agravamento desse problema com a urbanização, que reduz os processos de infiltração da água no solo (mais impermeabilização de calçadas, ruas etc.), levando a um maior escoamento superficial e, logo, um maior aporte de água nos corpos hídricos.

O processo ainda é impulsionado pela localização, muitas vezes de ocupação de baixa renda (mais vulnerável), em posições geográficas propícias a inundações (áreas suscetíveis) como, por exemplo, áreas ribeirinhas,

formando áreas de perigo (pela presença populacional), as quais depois serão essenciais para dimensionar o zoneamento do risco.

Por mais que, no Brasil, não haja incidência de desastres naturais de origem tectônica, Santos (2007, p. 10) alerta que, em nosso país, “os desastres tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela ação do homem”. Segundo dados descritos pelo mesmo autor, no período de 2000 a 2007, foram registrados cerca de 36 grandes episódios de desastres naturais (enchentes, secas e deslizamentos de terra) no Brasil, com mais de 1,5 milhões de pessoas afetadas, estimando ao país um prejuízo econômico na ordem de US\$ 2,5 bilhões. Uma explicação sucinta dos grandes prejuízos no país é dada por Santos (2007, p. 11): “o uso impróprio dos recursos naturais, a ocupação de áreas com maior suscetibilidade natural e o desmatamento são, no Brasil, os principais fatores que potencializam a ocorrência de desastres naturais”.

Para entender esse trabalho, é necessária a fundamentação teórica de alguns conceitos subjacentes às questões metodológicas adotadas. Assim, inicialmente, define-se tempo de retorno e contextualiza-se o conceito perante as inundações.

Contribuem, neste sentido, Tucci e Bertoni (2003) explicando que o tempo de retorno é o inverso da probabilidade de ocorrência do fenômeno, representando o tempo médio em que o evento se poderá replicar. A metodologia de Tucci (1993, p. 640) expressa que “a escolha do tempo de retorno é arbitrária e depende da definição do futuro zoneamento”, ou seja, conforme o resultado obtido no tempo de retorno (a cota altimétrica correspondente a determinado tempo de retorno), o futuro zoneamento (do risco) estará atrelado a essa questão.

Ainda quanto ao termo, o Instituto Geológico de São Paulo (2012) explica que a variável denominada risco à inundação (para uma determinada população) é intimamente ligada ao tempo de retorno de um evento. Assim, é notória a importância da estimativa do tempo de retorno, pois essa variável delimita um futuro zoneamento da área de estudo, definindo as áreas com diferentes graus de risco.

Tucci (1993) destaca que é essencial o levantamento topográfico das áreas de risco de inundação com tempo de retorno menor ou igual a 100 anos, verificando que esse é um ponto limítrofe para zonestar áreas de risco, depois do

que se pode, por exemplo, classificar o risco como não considerado ou sem estimativa de risco.

Um fator de destaque, verificando e contextualizando informações referentes ao tempo de retorno é que “de uma forma geral as atividades humanas contribuem diretamente para o aumento da probabilidade de ocorrência de inundações e dos impactos negativos associados” (Cunha; Taveira-Pinto, 2011, p. 106), aumentando o tempo de retorno dos eventos.

É importante também definir suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, pois esses conceitos estão intimamente ligados ao desenvolvimento de pesquisas sobre o tema, de modo que entender essa terminologia é essencial como técnico-conceitual.

Ribeiro e Lima (2011) destacam que a previsão e o mapeamento dos locais com maiores proporções suscetíveis à ocorrência de inundações são essenciais para a caracterização da superfície, gerando, assim, o zoneamento urbano e a escolha das melhores áreas para locação de obras de drenagem com o intuito de minimizar os danos à população.

Campos et al. (2015) discutem a necessidade do mapeamento de áreas suscetíveis juntamente com a análise territorial. Sobre essa questão, o IPT (2016, p. 1) salienta que:

[...] o conhecimento prévio das suscetibilidades dos terrenos à geração e desenvolvimento de fenômenos e processos do meio físico cuja dinâmica pode ocasionar desastres naturais é de grande importância aos municípios, contribuindo para o planejamento do uso e ocupação do solo, controle da expansão urbana, avaliação de cenários potenciais de riscos e, ainda, no âmbito regional, auxiliar na elaboração de zoneamentos ecológico-econômicos.

Para a Defesa Civil (Castro, 1998, p. 123), pode ser definida como perigo “qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade”.

Ayala-Carcedo (2000) contribui informando que a conceituação de perigo (ou do espanhol peligro) deve-se adotar como variável principal de análise à velocidade de acontecimentos (tempo de retorno).

Para a construção cartográfica do perigo (do mapa de perigo), Leonardo Monteiro e Kobiyama (2013) explicam que o uso do tempo de retorno é essencial para caracterizar e delimitar as áreas, ou seja, para evidenciar o perigo de cada

lugar. Os autores ainda referem que o mapa de inundação também está ligado ao tempo de retorno e que a modelagem dos dados está intimamente ligada ao Modelo Digital de Elevação (MDE), interferindo no resultado e na qualidade final da cartografia gerada.

A seguir, será abordado o conceito de vulnerabilidade. Uma população ser mais ou menos vulnerável tem relação direta com sua capacidade de enfrentar um desastre e assimilar imediatamente seus impactos (Carvalho, D.; Damacena, 2013).

A vulnerabilidade também pode ser definida como um fator ligado à intensidade de um evento perigoso (Ayala-Carcedo, 2000).

Já o conceito de áreas de risco, segundo o IPT (1991), envolve os lugares onde há possibilidade de perigo, perda ou dano social ou econômico, estando a população exposta em caso de ocorrência de processos físicos naturais.

Citando Gallais (1994)², Susana Aneas de Castro (2000) sugere definir risco como a probabilidade de concretizar-se uma ameaça, atrelando a ideia de o conceito aproximar os fenômenos naturais e o homem.

A Defesa Civil (Castro, 1998, p. 147) apresenta cinco ramificações para definir risco:

(1) Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis. (2) Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos. (3) Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais. (4) Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre. (5) Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos.

Ayala-Carcedo (2000) especifica que os fatores necessários para o risco são três: o perigo, a vulnerabilidade e a exposição. O perigo é o fator ou o conjunto de fatores que tornam o evento mais grave. A exposição refere-se ao conjunto de pessoas (e de seus bens) que estão expostos a uma situação de perigo. Já a vulnerabilidade é considerada uma variável associada ao grau de perdas e danos à população sujeita a um perigo.

² GALLAIS, J. Les tropiques, terres de risques et de violences. Paris: Armand Colin, 1994.

Segundo Aneas de Castro (2000), a concepção mais aceita entre os pesquisadores é a do risco como o perigo que ocorre ou a probabilidade de que aconteça determinado evento perigoso. Com a metodologia de Khatibi (2011), quantifica-se o risco por meio de um resultado matemático obtido pelo cruzamento da probabilidade com o perigo. Assim, verifica-se que todo o zoneamento do risco passa pela interação de diferentes bases cartográficas, dada a complexidade de informações.

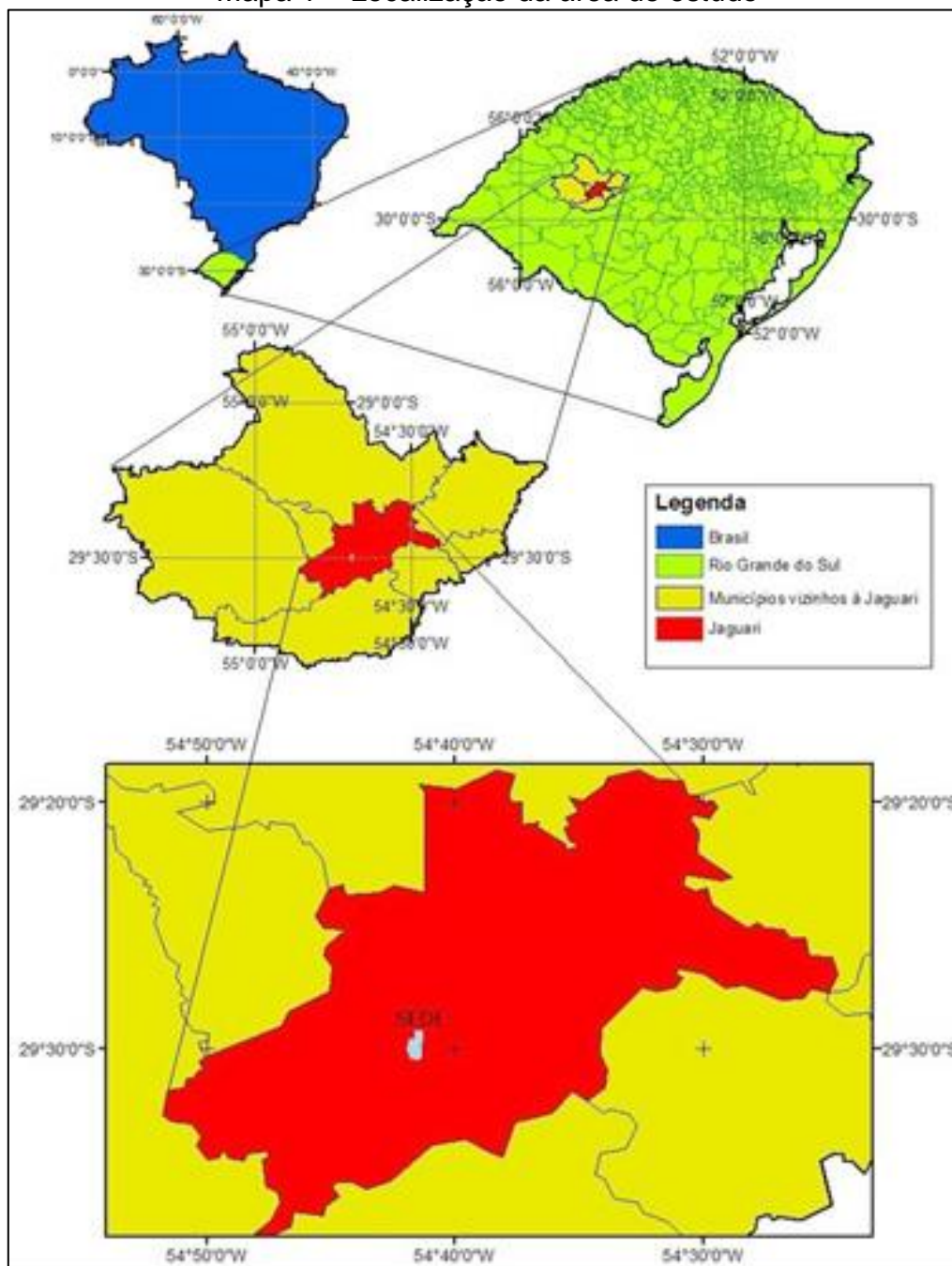
Em linhas gerais, esta pesquisa visa trabalhar com o tempo de retorno de inundações. Assim, uma vez definidos vários conceitos, é preciso explicar o que é inundação. Para a Defesa Civil (Castro, 1998, p. 96), consiste no “transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas”. Outro conceito similar ao de inundação e que perpassa por muita confusão teórica, refere-se ao de enxurrada. O conceito de enxurrada pode ser tomado de Tominaga, Santoro e Amaral (2009, p. 42): “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a área de domínio dos processos fluviais”. Analogamente, Celso Carvalho, Macedo e Ogura (2007) explicam que as enxurradas são caracterizadas pelo escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte. Hoje, muitos trabalhos com desastres ambientais dispõem de um grande arcabouço tecnológico, principalmente, com o uso da geoinformação. Câmara e Antônio Miguel Monteiro (2000) afirmam que a geoinformação pode ser uma grande solução para o planejamento municipal, pois muitos setores públicos podem dispor de sistemas eficientes e haverá formas de

atualização do cadastro municipal, sendo um ato muito inteligente da administração pública. A área de estudo deste trabalho está situada no perímetro urbano do município de Jaguari (Mapa 1), situado no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul e banhado pelo rio Jaguari, afluente do Ibicuí. Jaguari é conhecida como “a cidade das belezas naturais”, pois seu povo hospitaleiro preserva muito bem suas diversas belezas naturais.

Quanto ao município de Jaguari, sua população total é de cerca de 11,5 mil habitantes, numa área de aproximadamente 673 km², resultando numa densidade demográfica de 17,04 habitantes/km². Da população residente do

município de Jaguari, 57% estão no meio urbano e 43% no perímetro rural (IBGE, 2010).

Mapa 1 – Localização da área de estudo



Conforme o levantamento realizado por Reckziegel (2007), entre 1980 e 2005, o município de Jaguari registrou três eventos de enchentes, sendo eles em: outubro/1982, outubro/1997 e abril/1998. A mesma autora quantificou, no mesmo período, três cenários de enxurradas, registradas em maio/1984, novembro/1997 e outubro/2002. Para salientar problemas com inundações em

Jaguari, Reckziegel (2007, p. 136) enfatiza que, em maio de 1984, “os danos mais significativos ocorreram em municípios dos vales dos rios Jaguari e Ibicuí e da porção oeste do estado”. A autora ainda destaca que mais de 100 edificações foram completamente destruídas e aproximadamente 150 danificadas, ocasionando duas mortes, além de cerca de 1.500 desabrigados no município. Outro grande evento que prejudicou a cidade ocorreu em outubro de 1997, desabrigando cerca de 890 pessoas (Reckziegel, 2007).

Após o ano de 2005, limite do trabalho de Reckziegel (2007), o município de Jaguari sofreu ainda três inundações. A primeira ocorreu em janeiro de 2010; a segunda, em outubro de 2012, e a última, em julho de 2014, como comprovam relatos da mídia. Na primeira data, o jornal Correio do Povo (Cerca [...], 2010) destaca que cerca de 30 famílias ficaram desabrigadas por causa do evento. Na segunda, segundo o jornal Diário de Santa Maria (Diário [...], 2012), alguns moradores foram removidos de suas residências em função da invasão da água. Por fim, na terceira data, após um alto índice de precipitação, a inundação no rio Jaguari alagou parcialmente alguns bairros (Enchente [...], 2014).

Assim, fica claro o problema que o município enfrenta nesses cenários de perdas devido às inundações. No que tange ao assunto, o Atlas de vulnerabilidade a inundações (ANA, [s.d.]) esclarece que, no estado do Rio Grande do Sul, o trecho do rio Jaguari que passa pelo perímetro urbano do município é classificado como de “alta vulnerabilidade a inundações”. Já Robaina e Trentin (2013) classificaram Jaguari como um município com média probabilidade de ocorrência de inundações, de modo que é preciso identificar e mapear detalhadamente os locais com maiores porções suscetíveis.

Portanto, o problema proposto por este artigo é saber como estimar o tempo de retorno de inundações urbanas no município de Jaguari-RS.

Assim, justifica-se a necessidade de entender que, com a estimativa do tempo de retorno do evento, trabalhos futuros poderão limitar as áreas para coleta de dados altimétricos visando à construção de um MDE do perímetro urbano do município, para um posterior zoneamento do risco. O objetivo geral do trabalho é desenvolver uma metodologia para estimar o tempo de retorno de inundações urbanas no município de Jaguari-RS. Mais especificamente:

- criar um aplicativo para apoiar o cálculo da estimativa do tempo de retorno das inundações em Jaguari-RS;

- usar funções estatísticas para estimar o tempo de recorrência de inundações;
- identificar a melhor função para estimar o tempo de retorno na área de estudo;
- estimar o tempo de retorno de inundações urbanas.

MATERIAL

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos envolvidos neste trabalho, há de citar-se os aplicativos os quais foram utilizados. Assim, utilizaram-se: o Access, o Excel e o Pesquisas HidroWeb, desenvolvido por um dos autores, por meio da linguagem de programação Visual Basic.

Os dados que serviram às análises foram obtidos no sítio da Agência Nacional de Águas (ANA), na extensão denominada HidroWeb (ANA, [s.d]), e referem-se ao nível da água do rio Jaguari disposto nas réguas milimétricas do município (Figura 1).

Figura 1 – Réguas de milimetragem do nível do rio Jaguari, localizadas no balneário Fernando Schiling



Destaca-se que os dados obtidos estão situados desde novembro de 1941 a fevereiro de 2014, numa escala temporal de 73 anos. Infere-se que a tabela original do HidroWeb continha inúmeras informações, como, por exemplo, a cota do rio (referente às réguas milimétricas) para todos os dias (nos 73 anos).

Em face da grande quantidade de dados, decidiu-se usar apenas uma das colunas da tabela original, a que correspondia ao nível máximo que a água do rio alcançou nas réguas no intervalo de um mês. Portanto, os dados em análise

referem-se a uma escala temporal variante no mês, verificando a cota máxima de cada um desses períodos.

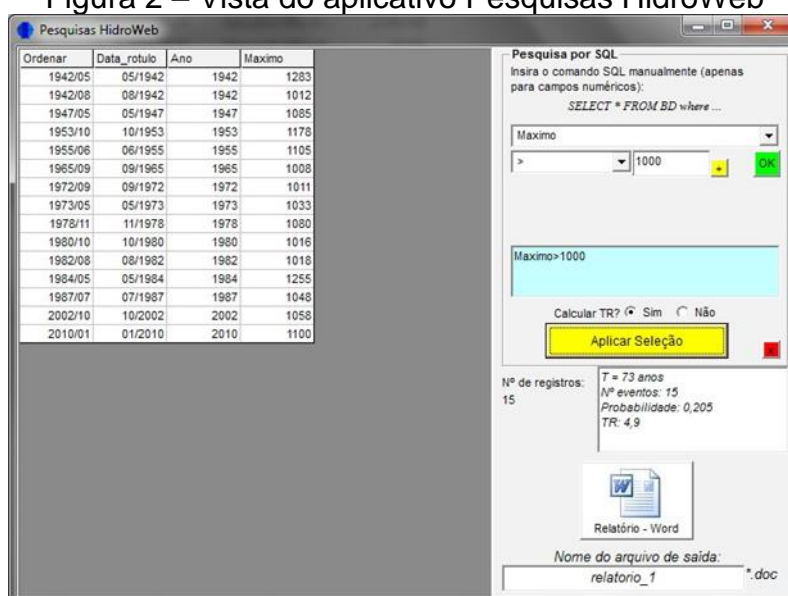
MÉTODO

Os procedimentos teórico-práticos deste trabalho são descritos cronologicamente e baseiam-se parcialmente em alguns procedimentos matemáticos adotados por Kurek (2012).

Inicialmente, como foi possível verificar, obtiveram-se dados da milimetragem do nível do rio Jaguari por meio das réguas da ANA. Depois, organizou-se o banco de dados por meio do Access. Os dados organizados no banco de dados referem-se à cota máxima registrada nas réguas milimétricas da ANA no município em cada mês, com 12 registros por ano.

Com a finalidade de realizar a análise dos dados, desenvolveu-se, por meio da linguagem de programação Visual Basic, um aplicativo com a intenção de induzir a organização dos dados, com a geração de instruções Structured Query Language (SQL), e calcular a estimativa do tempo de retorno das inundações em função dos dados das réguas da ANA. Esse aplicativo foi denominado Pesquisas HidroWeb (Figura 2).

Figura 2 – Vista do aplicativo Pesquisas HidroWeb



Assim, com o aplicativo, gerou-se a seleção dos dias com maiores níveis de água no rio Jaguari como, por exemplo, no que consta na Figura 2, mostrando

a instrução SQL com o nível da régua tendo um valor máximo (no mês) superior a 1.000 cm (10 m). Com o aplicativo, ainda, obteve-se o número de registros encontrados com aquela determinada instrução SQL, o tempo (T), em anos, total da análise (73 anos, de 1941 a 2014), a probabilidade de ocorrência do fenômeno para aquela cota, o tempo de retorno (TR) e ainda a geração de um relatório com os dados.

Uma etapa posterior foi, a partir do aplicativo Pesquisas HidroWeb, gerar amostras reais do cálculo do tempo de retorno para que se estimassem as recorrências de inundações na área de estudo da forma que o analista achasse necessária.

Os dados foram analisados por meio de seis funções (estimadores), etapa metodológica feita no aplicativo Excel. Analisaram-se as funções logarítmica, linear, exponencial, polinomial de 2ª ordem, polinomial de 3ª ordem e exponencial.

Assim, foram geradas as estimativas para os tempo de retorno que fizeram parte da amostra (TR = 1 ano, TR = 2 anos, TR = 3 anos, TR = 4 anos, TR = 5 anos, TR = 10,4 anos, TR = 18,3 anos, TR = 24,3 anos, TR = 36,5 anos e TR = 73 anos), assim como foi possível analisar o resíduo dos dados e verificar qual dos valores estimados mais se assemelha com as amostras, para que se possa apontar o melhor estimador do tempo de retorno.

RESULTADOS

Com a geração de várias instruções SQL, foram obtidas as estimativas, as quais foram utilizadas como amostras (Quadro 1), para que, assim, fosse estimada a recorrência de inundações em Jaguari, processo realizado com a utilização de diferentes funções matemáticas do Excel. Ressalta-se que a obtenção das amostras ocorreu no aplicativo Pesquisas HidroWeb.

Com as amostras obtidas, partiu-se para a construção dos gráficos com as seis funções matemáticas. Assim sendo, para analisar com precisão e acurácia os dados, geraram-se as estimativas para vários tempos de retorno, conforme a Tabela 1.

Quadro 1 – Dados obtidos com o uso do aplicativo Pesquisas HidroWeb para a criação das amostras

Amostragem		
tempo de retorno (anos)	cota (mm)	nº de eventos
1	810	74
2	900	37
3	969	24
4	990	19
5	1.000	15
10,4	1.060	7
18,3	1.100	5
24,3	1.170	3
36,5	1.200	2
73	1.260	1

Na Tabela 1, ainda foi analisado o coeficiente de correlação linear de Pearson (R^2), que caracteriza a qualidade do estimador perante as amostras; quanto mais próximo de 1 for o R^2 , melhor é a correlação entre a amostra e o dado estimado. Os dados referentes às amostras estão em destaque no Quadro 1, e os valores estimados (por função), na Tabela 1.

As funções obtidas para geração das estimativas estão expostas no Quadro 2, sintetizando os procedimentos matemáticos realizados. Já os gráficos de cada uma das funções estão expostos no Gráfico 1.

Tabela 1 – Dados gerais estimados

função	logarítmica	linear	exponencial	polinomial (2)	polinomial (3)	potência
tempo de retorno (anos)	cota (cm)	cota(cm)	cota (cm)	cota (cm)	cota (cm)	cota(cm)
1	833,00	957,76	954,31	909,00	884,40	844,10
2	902,87	963,02	958,13	922,45	907,41	902,80
3	943,74	968,28	961,97	935,66	929,26	939,02
4	972,74	973,54	965,83	948,63	949,98	965,59
5	995,23	978,80	969,70	961,35	969,58	986,72
10	1.065,10	1.005,10	989,29	1.021,30	1.051,70	1.055,34
15	1.105,97	1.031,40	1.009,28	1.075,15	1.109,58	1.097,68
20	1.134,97	1.057,70	1.029,66	1.122,90	1.146,20	1.128,74
25	1.157,46	1.084,00	1.050,46	1.164,55	1.164,58	1.153,44
30	1.175,84	1.110,30	1.071,69	1.200,10	1.167,70	1.174,02
35	1.191,38	1.136,60	1.093,34	1.229,55	1.158,58	1.191,70
40	1.204,84	1.162,90	1.115,42	1.252,90	1.140,20	1.207,24
45	1.216,71	1.189,20	1.137,96	1.270,15	1.115,58	1.221,11
50	1.227,33	1.215,50	1160,94	1.281,30	1.087,70	1.233,66
60	1.245,71	1.268,10	1.208,32	1.285,30	1.034,20	1.255,67
70	1.261,25	1.320,70	1.257,63	1.264,90	1.003,70	1.274,58
80	1.274,71	1.373,30	1.308,96	1.220,10	1.020,20	1.291,20
90	1.286,58	1.425,90	1.362,38	1.150,90	1.107,70	1.306,04
100	1.297,20	1.478,50	1.417,98	1.057,30	1.290,20	1.319,45
R^2	0,985	0,722	0,667	0,901	0,934	0,974

Quadro 2 – Equações utilizadas em cada função

função	equação
logarítmica	$y = 100,8 * \ln(x) + 833$
linear	$y = 5,260x + 952,5$
exponencial	$y = 950,5 e^{0,004x}$
polinomial (2)	$y = -0,122x^2 + 13,82x + 895,3$
polinomial (3)	$y = 0,004x^3 - 0,605x^2 + 24,80x + 860,2$
potência	$y = 844,1x^{0,097}$

A fim de caracterizar os erros amostrais, também chamados resíduos, que são gerados a partir da diferença entre os dados estimados e as amostras, a Tabela 2 segmenta as referidas discrepâncias, bem como o somatório, a média e o desvio padrão em cada função, para concentrar os dados e verificar a acuidade de cada função.

Os dados amostrais da Tabela 2 estão previamente referenciados no Gráfico 2. Para definir a melhor função para gerar o tempo de retorno final, produziu-se ainda uma análise (Gráfico 3) que identifica o tempo de retorno estimado, de 1 a 100 anos.

Gráfico 1 – As funções

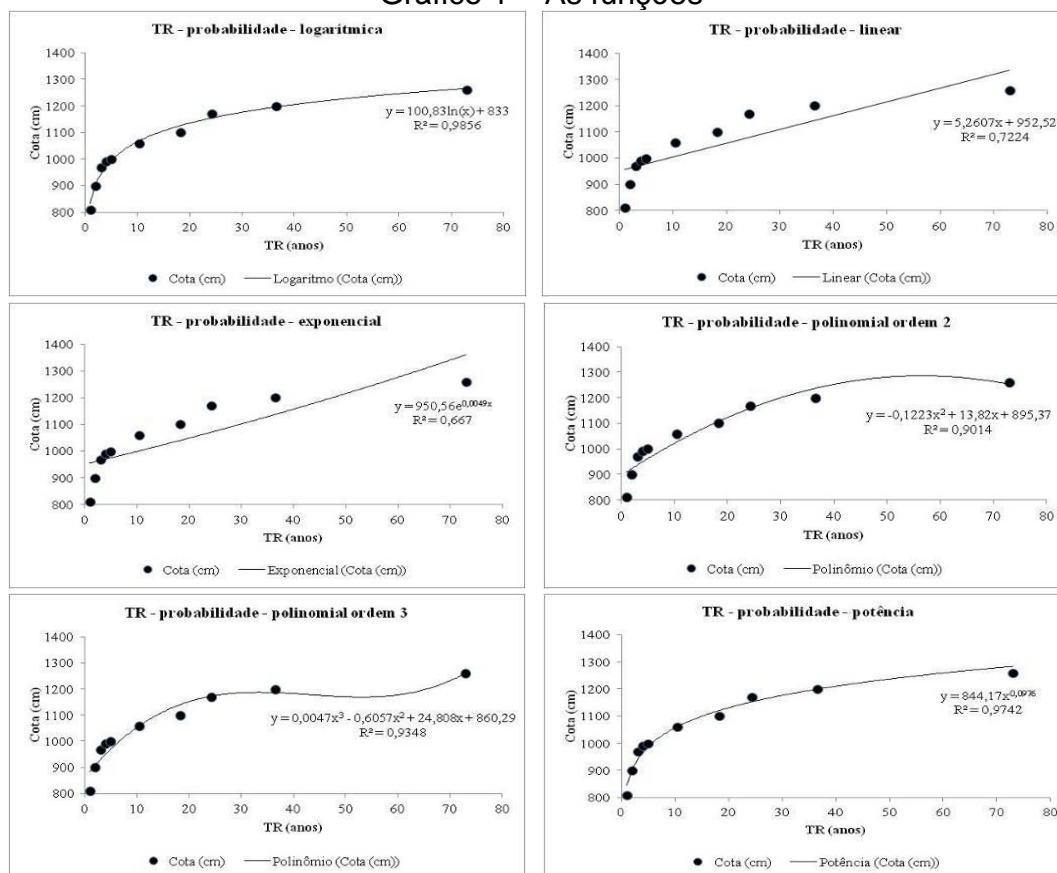


Tabela 2 – Discrepâncias calculadas

discrepância da amostra (resíduo em mm)						
tempo de retorno (anos)	logarítmica	linear	exponencial	polinomial (2)	polinomial (3)	potência
1	23,00	147,76	144,31	99,00	74,40	34,10
2	2,87	63,02	58,13	22,45	7,41	2,80
3	25,26	0,72	7,03	33,34	39,74	29,98
4	17,26	16,46	24,17	41,37	40,02	24,41
5	4,77	21,20	30,30	38,65	30,43	13,28
10,4	9,05	52,80	69,13	34,17	2,82	0,63
18,3	26,02	51,24	77,31	7,35	35,95	19,06
24,3	15,40	89,68	122,47	10,91	7,01	19,74
36,5	4,39	55,51	100,09	37,20	46,10	3,43
73	5,48	76,48	12,82	5,98	257,38	19,78
somatório	133,50	574,87	645,75	330,41	541,25	167,22
média	13,35	57,49	64,58	33,04	54,13	16,72
desvio padrão	9,18	41,98	47,13	26,80	74,62	11,56

Gráfico 2 – Resíduos tabulados

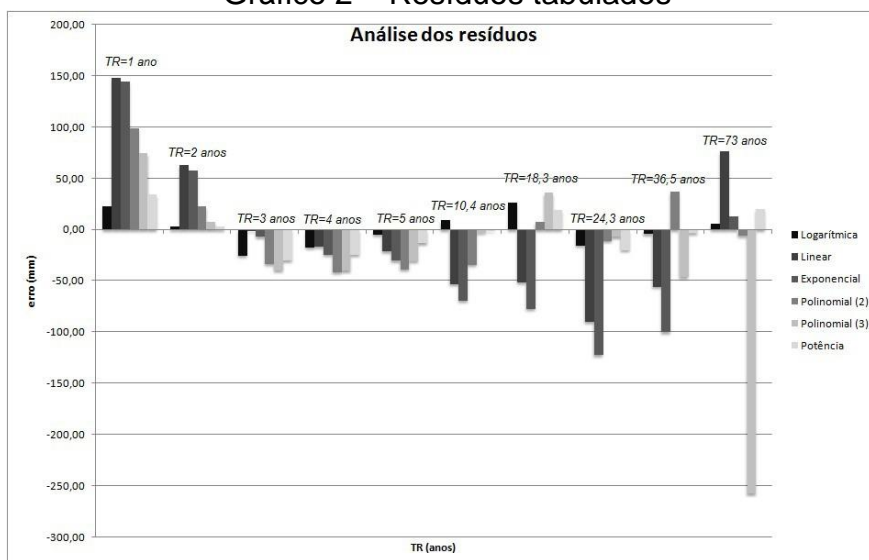
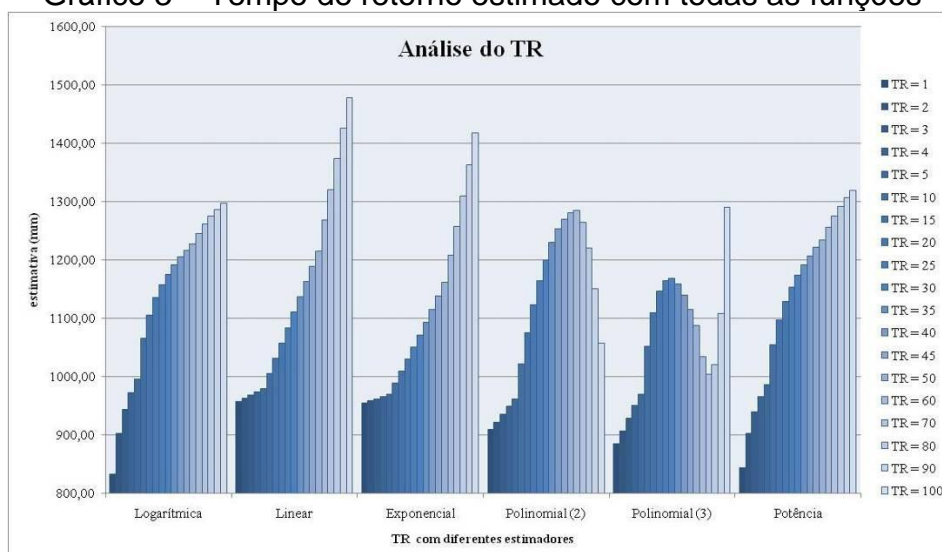


Gráfico 3 – Tempo de retorno estimado com todas as funções



DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, discute-se qual das funções representa melhor a estimativa do tempo de recorrência de inundações em Jaguari-RS.

Perante a análise da Tabela 1, verificando o R^2 , notou-se que as maiores correlações foram encontradas para as funções logarítmica e de potência, com os valores de 0,985 e 0,974, respectivamente. As funções polinomiais de 2ª e 3ª ordem resultaram em altas correlações de valores expressivos de cerca de 0,9. Com resultados de R^2 menos expressivos, estiveram as funções linear (com 0,722) e exponencial (com 0,607).

Explorando as informações da Tabela 2, com foco no desvio padrão dos dados, verificaram-se dois agrupamentos de dados. Novamente as funções logarítmicas e de potência geraram os melhores resultados, com baixos desvios padrões de 9,18 e 11,56, respectivamente. Os demais resultados são bem menos expressivos, com 26,8 (polinomial de 2º grau), 41,98 (linear), 47,13 (exponencial), 74,6 (polinomial de 3º grau).

Já no Gráfico 3, por meio de uma análise visual, pode-se eliminar, definitivamente, duas das funções: as polinomiais de 2ª e 3ª ordem. Isso se deve ao fato de os dados ora ascenderem, ora diminuir, gerando um padrão anormal para a variação do tempo de retorno de uma inundação. Destaca-se que um tempo de retorno superior não pode ter uma cota de alagado menor do que um inferior. As demais variações até então podem ser consideradas normais, pois tendem a aumentar a cota na medida em que aumenta o tempo de retorno.

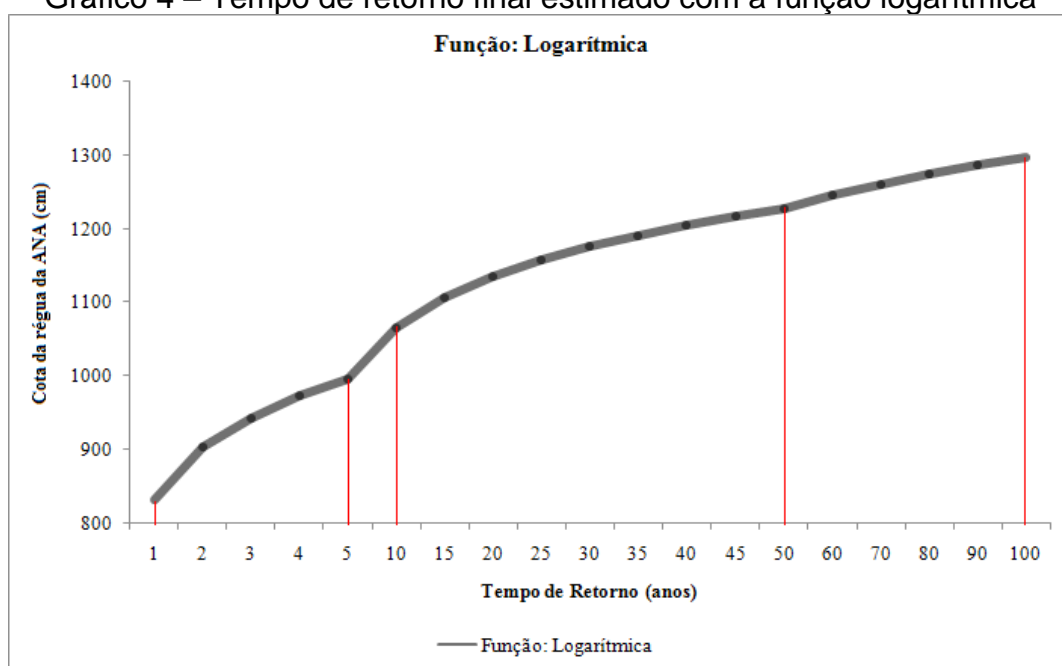
Após a exclusão de duas das seis funções, eliminaram-se ainda as funções linear e exponencial. Dois motivos explicam esse fato. O primeiro é uma análise minuciosa do Gráfico 3, em que se nota uma alta similaridade da estimativa para os tempos de retorno baixos e com a maior diferença das estimativas nos maiores tempos de recorrência. O segundo é a análise do R^2 , sendo notória a baixa correlação entre as amostras e os dados estimados, se bem que o alto desvio padrão também oriente a deficiência das referidas funções.

Assim sendo, após essas análises, consideraram-se as funções logarítmica e de potência como as mais condizentes para a realização de

estimativas de tempo de retorno, pois apresentaram os melhores resultados para todos os requisitos em análise. Porém, como a ideia do trabalho é definir uma das funções como a melhor estimadora do tempo de retorno, optou-se pela função logarítmica, por ter a maior correlação (R^2) e o menor desvio padrão.

Assim, o Gráfico 4 delimita o tempo de retorno das inundações em Jaguari-RS, informações que foram determinadas pelo uso da função logarítmica. Na Tabela 3, há um resumo dos valores estimados dos tempos de retorno de 1, 5, 10, 50 e 100 anos.

Gráfico 4 – Tempo de retorno final estimado com a função logarítmica



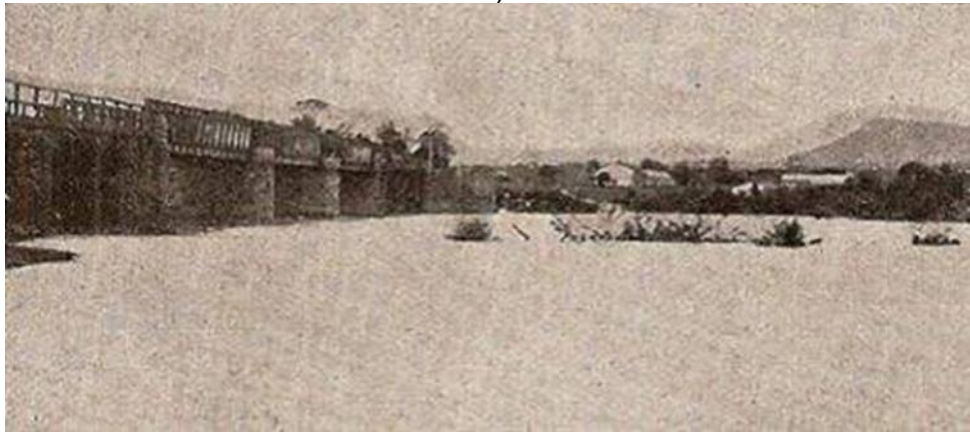
Fonte: Organizado pelos autores.

Tabela 3 – Tempo de retorno estimado com a função logarítmica

tempo de retorno (anos)	cota (cm)
1	833,00
5	995,23
10	1.065,10
50	1.227,33

Com o intuito de buscar a correlação dos dados já ocorridos, perante os tempos de retorno estipulados, a Figura 3 ilustra alguns cenários de inundações no município, juntamente com a correlação temporal.

Figura 3 – Eventos de inundação em Jaguari em 1941 (a), 1984 (b) e 2014 (c e d)



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Museu Municipal (a, b), Miguel Monte (c), Cristiano S. Moraes (d).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se de extrema importância para trabalhos futuros a metodologia envolvente para estimar o tempo de retorno das inundações no município de Jaguari.

O uso do aplicativo Pesquisas HidroWeb mostrou-se válido, pois foram geradas amostras do tempo de retorno de inundações na área de estudo a partir de dados das réguas da ANA.

A aplicação de funções matemáticas também foi muito importante, pois resultou na melhor estimativa possível do tempo de retorno das inundações na área de estudo. Essa análise é fundamental, pois o tempo de retorno é base para trabalhos posteriores visando ao zoneamento das áreas de risco de inundação.

Destaca-se ainda que a delimitação correta do tempo de retorno é uma etapa inicial para cartografar as áreas de risco à inundação na área de estudo. Finalmente, a metodologia apresentada aqui pode servir de base a outros trabalhos técnicos que visem estimar tempo de retornos para outros lugares que tenham réguas da ANA.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de vulnerabilidade a inundações**. Disponível em: http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20131002104753_Plotagem_RS_A0.pdf. Acesso em: 12 nov. 2017.

ANEAS DE CASTRO, S. D. A. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. Scripta Nova – **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Universidad de Barcelona, 15 marzo 2000.

AYALA-CARCEDO, F. J. La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas: bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población. **Boletín de la A.G.E.**, Instituto Geológico Y Minero de España, n. 30, p. 37-49, 2000.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. **Geotecnologias em um novo paradigma de desenvolvimento**. Divisão de Processamento de Imagens – Inpe. Nepo/Unicamp, abr. 2000. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/geopro/apresentacoes/inpe_nepo.pdf. Acesso em: 20 mar.2018. Antônio Miguel

CAMPOS, S. J. A. M.; STEFANI, F. L.; PAULON, N.; FACCINI, L. G.; BITAR, O. Y. Cartas de suscetibilidade à inundação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 15., 2015, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental (ABGE), 2015.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2007.

CARVALHO, D. W.; DAMACENA, F. D. L. **Direito dos desastres**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 2a ed. rev. ampl. Brasília, DF: Ministério do Planejamento e Orçamento/Secretaria Especial de Políticas Regionais/Departamento de Defesa Civil, 1998.

CORREIO DO POVO. **Cerca de 30 famílias seguem desabrigadas em Jaguari**. Correio do Povo, Porto Alegre, 21 jan. 2010. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=88280>. Acesso em: 17 fev.18.

CUNHA, S.; TAVEIRA-PINTO, F. Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha do Peso da Régua. In: **JORNADA DE HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE, 6.**, 2011, Porto, PT: FEUP. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~shrha/publicacoes/pdf/JHRHA_6as/10_SCunha_Aplica%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 11 jan. 2018.

DIÁRIO DE SANTA MARIA. **Notícia a enchente em Jaguari**. Blog Rafael Nemitz, Santiago, RS, 4 out. 2012. Disponível em: <http://www.rafaelnemitz.com/2012/10/diario-de-santa-maria-noticia-enchente.html>. Acesso em: 17 fev. 2018.

DIÁRIO DE SANTA MARIA. **Enchente em Jaguari: rio que corta o município atinge 10 metros acima do nível normal**. Blog Rafael Nemitz, Santiago, RS, 24 jul. 2014. Disponível em: http://www.rafaelnemitz.com/2014/07/enchente-em-jaguari-rio-que-corta-o.html#.U-uNy_k9I9E. Acesso em: 13 ago. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio **Grande do Sul, Jaguari**, 2010a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=431110>. Acesso em: 11 jan. 2018.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25.000**. Brasília, DF, 2016.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual de uso e ocupação das encostas**. São Paulo, 1991.

IG. INSTITUTO GEOLÓGICO DE SÃO PAULO. **Mapeamento de áreas de risco a inundação no estado de São Paulo, 24 jul. 2012.** Disponível em: <http://pt.slideshare.net/igeologicosp/app-semi-sorocaba-ig>. Acesso em: 13 maio 2018.

KHATIBI, R. Evolutionary systemic modeling of practices on flood risk. **Journal of Hydrology**, v. 401, n. 1, p. 36-52, 2011.

KUREK, R. K. M. **Avaliação do tempo de retorno nos níveis das inundações no vale do Taquari-RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012.

MONTEIRO, L. R.; KOBAYAMA, M. Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. **Ra`ega**, vol. 10, n. 2, p. 13-25, jul./dez. 2013.

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 Análise Ambiental e Dinâmica Espacial) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 2v.

RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista de Geografia – PPGeo**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2011.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. (Org.). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul.** Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 2013.

SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo: IG/Secretaria do Meio Ambiente/Governo do Estado de São Paulo, 2009.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** São Paulo/Porto Alegre: Edusp/ UFRGS, 1993. cap. 16. p. 621-658.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em:

<http://www.eclac.cl/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2017.

BZMAPS: APLICATIVO DESENVOLVIDO PARA REALIZAÇÃO DE ESTUDOS DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO

Bruno Zucuni Prina; Romario Trentin

DOI: 10.5902/2236499436842

Resumo: Inúmeros assuntos que estão em destaque, atualmente, tanto na mídia como na comunidade científica, referem-se aos desastres naturais, com foco às inundações urbanas. Assim sendo, este trabalho tem o objetivo de apresentar um aplicativo, denominado como BZMAPS, que realiza a síntese de informações acerca do mapeamento de áreas de risco à inundação. Assim, dividiram-se as etapas metodológicas junto à construção das bases cartográficas, organização do banco de dados, sistematização do aplicativo e análise dos dados. Com a utilização do aplicativo, é possível dispor de dados organizados e sintetizados, podendo ser realizadas consultas textuais ou numéricas dos dados armazenados. Além disso, a partir das seleções de informações, é possível realizar análises junto ao Google Earth. Dessa forma, verifica-se a importância do BZMAPS dentro da análise de áreas de risco à inundação, sendo uma ferramenta de grande relevância para o gerenciamento urbano, podendo ser amplamente utilizada dentro de órgãos públicos.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Jaguarí; Programação; Visual Basic 6

BZMAPS: APPLICATION DEVELOPED FOR MAKING STUDIES OF MANAGEMENT OF RISK TO FLOOD AREAS

Abstract: Several papers that are with great importance, currently, in the media and in the scientific community refers to natural disasters focusing on urban flooding. Therefore, this paper aims to present an application, named as BZMAPS. The app realize the information synthesis about mapping of risk areas to flood. So, methodological steps have been divided into: construction of cartographic bases, organization of the database, building application and data analysis. Using the application it is possible get organized data and synthesized, and can be constructed textual or numerical analysis of the data stored. Moreover, from the information selections, you can perform analyzes with Google Earth. Thus, it is verified the importance of BZMAPS in the analysis of the flood risk areas, it is a very important tool for urban management, it can be widely used in government agencies.

Keywords: Geoprocessing; Jaguarí; Programming; Visual Basic 6

INTRODUÇÃO

Dentro das reportagens e publicações da mídia e da comunidade científica, um dos assuntos que estão em grande destaque, principalmente nos últimos anos, refere-se aos desastres naturais e, dentro dessa área, as inundações destacam-se como sendo o tipo de evento mais frequente. Corroborando com o exposto, Kron (2002) salienta que as inundações são o tipo de evento, desastroso, que abrange o maior número de pessoas entre os desabrigados/envolvidos.

Esses acontecimentos sobrelevaram no que se refere às preocupações e perdas (materiais ou não), principalmente, nas últimas décadas, em que o processo de urbanização cresceu de forma desordenada, agravando uma série de problemas sociais dentro das cidades, principalmente, nas maiores

metrópoles. Assim, com um maior número de construções, calçadas, arruamentos etc. sobre o solo exposto, há a minimização dos processos de infiltração da água no solo e, em épocas de precipitações intensas, por consequência, há o aumento do escoamento superficial, sobrelevando, assim, o volume dos rios, inundando áreas ribeirinhas.

Dentro dessa preocupação central, o presente trabalho enfatiza uma pesquisa acerca do gerenciamento de informações a serem utilizadas no mapeamento de áreas de risco, com o desenvolvimento de um aplicativo, denominado BZMAPS. Para exemplificar a utilização da referida ferramenta, utilizar-se-á, como recorte espacial, o perímetro urbano do município de Jaguari, localizado no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), dentro da microrregião de Santa Maria.

Para o entendimento deste trabalho, deve haver a fundamentação teórica de alguns conceitos intrínsecos às questões metodológicas a serem aqui implantadas. Assim sendo, haverá uma breve definição dos vocábulos suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade (e suas variáveis) e risco. As referidas variáveis precisam ser definidas, a fim de entender e diferenciá-las, pois, cada uma possui seu próprio significado.

A terminologia suscetibilidade pode ser definida como sendo o local onde, de fato, há a incidência do evento e sua caracterização depende, exclusivamente, da análise de cada lugar. Ribeiro e Lima (2011) destacam que a previsão e o mapeamento dos locais com maiores proporções suscetíveis à ocorrência de inundações são essenciais para a caracterização da superfície.

A nomenclatura perigo, também conhecida como *hazard* (do inglês), conforme orientações de Magnanelli (2012), pode ser definida como uma fonte ou situação potencial de causar alguma lesão ou doença, danos ao meio ambiente, bem como a combinação dos dois.

Ainda é importante referenciar a definição de vulnerabilidade. Ayala-Carcedo (2000) define-a como sendo uma variável que está atrelada à intensidade de um evento perigoso. Assim, a partir dessa ideia, Santos (2007) ressalva que a vulnerabilidade, para ser mapeada, necessita de uma análise referente ao grau de desenvolvimento (pobreza) de uma determinada população. Dessa forma, inúmeras são as variáveis que podem estar atreladas às

características de um determinado local para defini-la, como, por exemplo, o tipo das construções, o padrão das residências, entre outros.

Por fim, destaca-se o conceito de risco. Castro (2000) salienta que a concepção que possui uma maior homogeneidade entre os pesquisadores é definindo risco como sendo o perigo que se ocorre ou como a probabilidade de que aconteça um determinado evento perigoso. Já Kron (2002) preconiza que, na comunidade científica, a definição de maior aceitação a respeito do risco é com a caracterização do conceito como um produto do perigo, junto as suas consequências.

Após o entendimento de algumas questões conceituais, as quais são tratadas no presente trabalho, cabe ressaltar que o problema desta pesquisa está contido na resolução da seguinte questão: “como realizar uma síntese acerca do mapeamento de áreas de risco à inundação, e, dessa forma desenvolver uma ferramenta útil no gerenciamento dos dados?”

Justifica-se, desse modo, entender que, com a utilização do aplicativo BZMAPS, será possível dispor de uma metodologia eficiente para a organização dos dados cadastrais, ter objetividade na busca pelas informações, dispor de uma ferramenta com um alto grau de síntese dos dados, porém, sem perda de eficiência. Ademais, toda essa análise poderá ser facilitada às pessoas que dispuserem dessa ferramenta, como, por exemplo, o poder público, sendo de grande auxílio no gerenciamento das informações e na tomada de decisões.

O objetivo geral do trabalho é o de organizar uma ferramenta de síntese de informações acerca do mapeamento das áreas de risco, incluindo objetividade e eficiência na análise dos dados, facilitando o gerenciamento e a tomada de decisões. Especificamente, tem-se o objetivo de descrever as etapas de criação do BZMAPS, realizar a análise acerca da forma de construção do banco de dados utilizado pelo aplicativo e identificar as formas de análise das informações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos envolvidos neste trabalho, há de citar-se os aplicativos os quais foram utilizados nas etapas metodológicas. Assim, deve-se explicitar a grande importância do Microsoft

Office Visual Basic 6.0, utilizado concomitantemente à linguagem de programação Visual Basic, para realizar a construção do aplicativo BZMAPS.

Além disso, cabe ressaltar o uso do Microsoft Office Access, utilizado para inserir os dados mapeados, ou seja, ele foi o banco de dados utilizado para realizar a síntese das informações, as quais foram reportadas pelo BZMAPS.

Ainda pode-se destacar que todo o mapeamento integral da área de estudo ocorreu com a utilização do aplicativo ArcGIS®. Por meio dessa plataforma, realizou-se o planejamento e a construção das bases de dados que dão subsídio aos dados inseridos no banco de dados.

Métodos

A fim de identificar os procedimentos teórico-práticos implementados neste trabalho, a seguir, eles estarão endereçados cronologicamente.

Antes de ocorrer a inserção das informações no banco de dados, houve uma análise minuciosa quanto às informações que deveriam compor no escopo geral do banco de dados do aplicativo. Assim, para cada uma das construções (utilizando como critério de representação espacial o ponto), dispostas dentro da área suscetível do município de Jaguari, inseriram-se informações particulares referente à análise de risco à inundação. Dessa forma, totalizaram-se 401 residências.

Para cada um dos campos (construções), vários dados foram discretizados. Entre eles, citam-se: fotografia do imóvel, nome do bairro, informações cartográficas (latitude e longitude), informações intermediárias (classificação quanto à densidade de residências, acabamento da construção, tipo de construção, condição da construção, número de andares da construção) e informações finais acerca das inundações (classificação quanto à vulnerabilidade, ao perigo e ao risco).

Todas as informações (bases de dados) destacadas, anteriormente, foram organizadas no aplicativo ArcGIS® e, posteriormente, foram inseridas no banco de dados utilizado. A inserção ocorreu de forma automática, a partir de um arquivo pré-organizado no formato "*.DBF". O arquivo *.DBF gerado, posteriormente, era convertido para o formato MDB, formato nativo do Access®.

Posteriormente, a análise particular de construção do banco dados, ocorreu a sistematização do BZMAPS. Assim sendo, salienta-se que o aplicativo

engloba a análise de dados descritivos, além de realizar uma associação espacial, junto ao aplicativo Google Earth. Assim, pode-se destacar que há a análise dos dados em um banco de dados geocodificado, maximizando a qualidade das análises.

Desse modo, é possível realizar inúmeras análises acerca das residências localizadas dentro da área suscetível à inundação, através de uma interface amigável e simples, com disponibilização dos dados de forma ágil e fácil para qualquer usuário. Além disso, no aplicativo, ao estruturá-lo com a linguagem Structured Query Language (SQL), as informações sintetizadas, tanto em campos textuais ou numéricos, podem ser selecionadas por meio de pesquisas pré-organizadas. Além disso, os dados finais, apurados nas pesquisas, podem ser espacializados no Google Earth, por meio da geração de arquivos no formato Keyhole Markup Language (KML).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

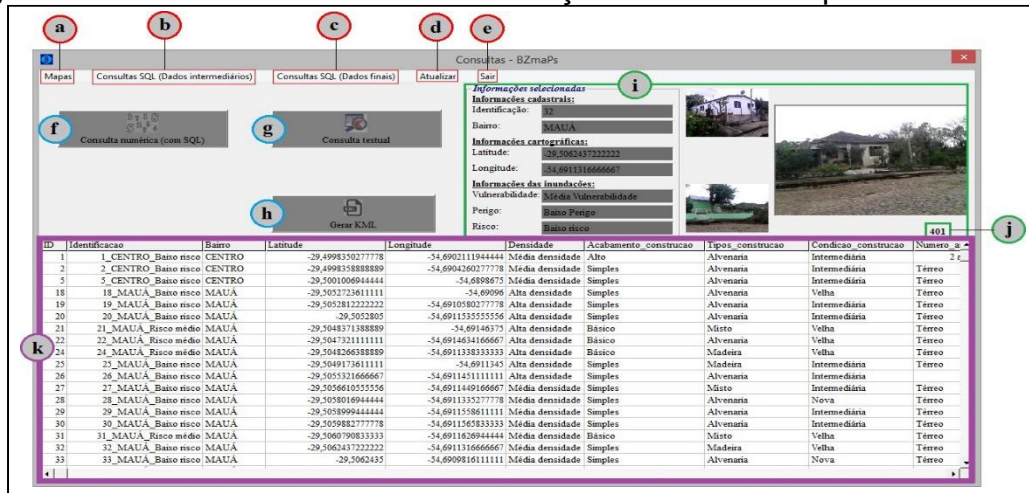
Após a aplicação do processo metodológico, com a análise e inserção das informações das construções, tem-se, por meio do aplicativo BZMAPS, a organização dos vários planos de informação sintetizados no banco de dados. Assim, a seguir, serão apresentadas as principais análises acerca do BZMAPS.

Inicialmente, na Figura 1, há a exposição da tela inicial do aplicativo e, na Figura 2, a apresentação da tela de consultas e de visualização dos dados.

Figura 1 - Tela inicial do aplicativo BZMAPS.



Figura 2 - Tela de consultas e de visualização de dados do aplicativo BZMAPS.



Junto a Figura 2, há a segmentação da tela de consultas do BZMAPS em 11 partes, denotados pela ordem das letras de "a" até "k". Sendo assim, a seguir, serão evidenciadas as particularidades de cada item.

"a": Nesse menu, há a apresentação de cartografias pré-organizadas em etapas anteriores, como, por exemplo, com o mapa de localização da área de estudo, de suscetibilidade, de perigo, de vulnerabilidade, de risco, de densidade de residências;

"b": Nesse menu, há a organização de várias rotinas SQL, as quais apresentam resultados intermediários, com foco para as variáveis analisadas para o mapeamento das áreas vulneráveis, ou seja, as características das residências;

"c": Nesse menu, há a organização de rotinas SQL de dados finais, enfatizando os resultados obtidos para cada residência, no mapeamento da vulnerabilidade, do perigo e do risco;

"d": Nesse menu, é possível realizar a atualização da base de dados do banco de dados, ou seja, voltar a apresentação de todos os dados iniciais (sem apresentar dados de uma seleção por SQL);

"e": Menu para sair do aplicativo;

"f": Menu de consultas SQL numéricas; "g": Menu de consultas SQL textual;

"h": Menu para geração de arquivos KMLs, a partir dos dados obtidos na implementação de uma seleção (pela estrutura SQL);

"i": Ao clicar em um registro (do ambiente "k") do banco de dados, nesse local, haverá a busca de algumas informações cadastrais, cartográficas e sobre as inundações, além de identificar a fotografia da referida residência;

"j": Nesse local, há a informação do número de dados dispostos no ambiente "k" (obtidos com a seleção dos dados);

"k": local que abrange todas as informações contidas no banco de dados, ou obtidas após a implementação de uma seleção de dados por SQL.

A fim de explicitar com mais detalhes os ambientes de consulta de dados, pela linguagem SQL, tem-se, com as Figuras 3 e 4, a visualização das letras "f" e "g" (destacadas anteriormente na Figura 2), respectivamente.

Figura 3 - Análise do ambiente de pesquisa SQL com dados numéricos.

The screenshot shows a web-based application window titled 'Consultas - BZmaPs'. On the left, there's a search panel with a text input containing 'ID=120 and ID<134' and a 'Aplicar Seleção' button. The main area displays a table with 14 columns: ID, Identificacao, Bairro, Latitude, Longitude, Densidade, Acabamento_construcao, Tipos_construcao, Condicao_construcao, and Numero_anda. The table contains 14 rows of data. On the right, there's a sidebar with 'Informações selecionadas' and 'Informações cadastrais' sections, showing details for a selected record, including 'Bairro: SAG COR DE JERUS', 'Latitude: -29,500897222222', and 'Longitude: -54,69494'. There are also two small thumbnail images of buildings.

ID	Identificacao	Bairro	Latitude	Longitude	Densidade	Acabamento_construcao	Tipos_construcao	Condicao_construcao	Numero_anda
120	120_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5057774166667	-54,6949736666667	Média densidade	Básico	Misto	Velha	Térreo
121	121_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5059034722222	-54,694949	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Velha	Térreo
122	122_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5059773611111	-54,6949418611111	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Intermediária	Térreo
123	123_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5060610555556	-54,6949508888889	Alta densidade	Básico	Alvenaria	Intermediária	Térreo
124	124_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5061469444444	-54,6949489166667	Alta densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo
125	125_SAG COR DE SAG COR DE	SAG COR DE	-29,5062710833333	-54,6949483333333	Alta densidade	Básico	Alvenaria	Nova	Térreo
126	126_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5006189444444	-54,6965513333333	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Intermediária	Térreo
127	127_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5008117222222	-54,6965493888889	Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo
128	128_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5004503055556	-54,6966402777778	Alta densidade	Básico	Alvenaria	Intermediária	Térreo
129	129_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5003482777778	-54,6965316666667	Alta densidade	Simplex	Madeira	Intermediária	Térreo
130	130_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5003021944444	-54,6965375	Alta densidade	Simplex	Madeira	Intermediária	Térreo
131	131_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5002972222222	-54,6965435	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Intermediária	Térreo
132	132_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5001628611111	-54,6965406388889	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Intermediária	Térreo
133	133_CENTRO_Bairro nisco	CENTRO	-29,5000809722222	-54,6965534166667	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Nova	Térreo

Figura 4 - Análise do ambiente de pesquisa SQL com dados textuais.

The screenshot shows the same software interface as Figure 3, but with a text search. The search input contains 'APARECIDA'. The table displays results for records with 'Bairro' 'N SRA APARECIDA'. The sidebar shows details for a selected record, including 'Bairro: N SRA APARECIDA', 'Latitude: -29,5037226111111', and 'Longitude: -54,68477375'. There are also two thumbnail images of buildings.

ID	Identificacao	Bairro	Latitude	Longitude	Densidade	Acabamento_construcao	Tipos_construcao	Cor
205	205_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5034546111111	-54,6848719444444	Alta densidade	Simplex	Madeira	Inte
206	206_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5024194166667	-54,6847363055556	Alta densidade	Simplex	Madeira	Inte
207	207_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5025993333333	-54,6847185833333	Alta densidade	Básico	Misto	Inte
208	208_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5037226111111	-54,68477375	Alta densidade	Simplex	Alvenaria	Nov
209	209_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5039130277778	-54,6847421388889	Alta densidade	Simplex	Madeira	Inte
210	210_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,5040172777778	-54,6847329444444	Média densidade	Simplex	Alvenaria	Nov
217	217_N SRA APARECIDA_Bairro nisco	N SRA APARECIDA	-29,50346425	-54,6844999444444	Alta densidade	Simplex	Madeira	Inte

Com a análise da Figura 3, verifica-se que foi realizada uma pesquisa, através de um campo numérico, denominado "ID". Nesse local, foram selecionados todos os registros superiores ao número 120, e menores e iguais a 134. Assim, verifica-se que houve o registro de 14 itens ("j"), e eles foram selecionados no ambiente de amostra de dados ("k"). Dessa forma, todos os campos numéricos poderão sofrer consultas conforme o modelo anterior.

Junto a Figura 4, pode-se verificar a estrutura de coleta de informações através de campos textuais, conforme o exemplo, para a tabela "Bairro", na qual foram selecionados todos os registros que continham a descrição "APARECIDA", a qual remetia ao bairro "Nossa Senhora Aparecida". Nessa consulta, ao final, obteve-se 7 registros ("j") e os dados selecionados estão destacados no ambiente tabular ("k"). Dessa forma, todas as pesquisas textuais poderão ser realizadas nesse ambiente.

Em linhas gerais, o aplicativo subdivide-se em itens que podem ser manipulados por diferentes públicos. Em outros termos, a implementação de rotinas pré- automáticas de seleção dos dados ("b", "c") e rotinas a serem definidas pelo usuário ("f", "g") engloba o aplicativo em uma mesma versão, diferentes formas de realizar a coleta de informações.

Inicialmente, cabe ressaltar que, para um público leigo, há os menus "b" e "c", no qual ocorre a consulta espacial (por SQL) com estruturas já determinadas. Ainda com os dados selecionados, poderá haver a exportação das informações para o Google Earth e, assim, as informações descritivas tornam-se georreferenciadas, sendo assim, mostram-se muito mais informativas, tornando-se uma informação geocodificada.

Um segundo público que pode dispor da análise dos dados refere-se ao técnico, o qual possui um conhecimento pretérito acerca da linguagem SQL e de informática em geral. Assim, nos ambientes "f" e "g", pode haver a construção de estruturas SQL. Esse público, similar ao destacado anteriormente, pode exportar os dados para o Google Earth e, assim, realizar outras análises espaciais de interesse do usuário.

A fim de exemplificar as análises que podem ser desenvolvidas dentro do aplicativo, a seguir, há um exemplo de aplicação dos dados.

Inicialmente, por meio da área de consulta dos dados, no formato textual ("g"), pesquisaram-se as construções com o tipo de acabamento como "alto",

"simples" e "básico", totalizando, respectivamente, 19, 303 e 79 residências ("j"). As referidas análises estão dispostas nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 - Pesquisa textual sobre o tipo de acabamento "alto" das construções.

The screenshot shows the RZmaps application with a search for 'Alto' in the 'Acabamento_construcao' field. The search results table is as follows:

Densidade	Acabamento_construcao	Tipos_construcao	Condicao_construcao	Numero_andares	Valor_vulnerabilidade	Vulnerabilidade	Perigo	Risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	2 andares	3,85	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	Térreo	4,2	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	1 andar	3,35	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	1 andar	4,59	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	Térreo	4,2	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Baixa densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	2,4	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Alto	Alvenaria	Intermediária	Térreo	4,2	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Alto	Alvenaria	Nova	Térreo	3,6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco

Figura 6 - Pesquisa textual sobre o tipo de acabamento "simples" das construções.

The screenshot shows the RZmaps application with a search for 'Simples' in the 'Acabamento_construcao' field. The search results table is as follows:

Densidade	Acabamento_construcao	Tipos_construcao	Condicao_construcao	Numero_andares	Valor_vulnerabilidade	Vulnerabilidade	Perigo	Risco
Méda densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	3,4	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	3,4	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Velha	Térreo	7,2	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Madeira	Intermediária	Térreo	7,6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	1 andar	5,75	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Méda densidade	Simples	Misto	Intermediária	Térreo	6,2	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Nova	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Nova	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Velha	Térreo	7,2	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Madeira	Intermediária	Térreo	7,6	Méda Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Nova	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Nova	Térreo	4,8	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Simples	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6	Baixa Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco

Figura 7 - Pesquisa textual sobre o tipo de acabamento "básico" das construções.

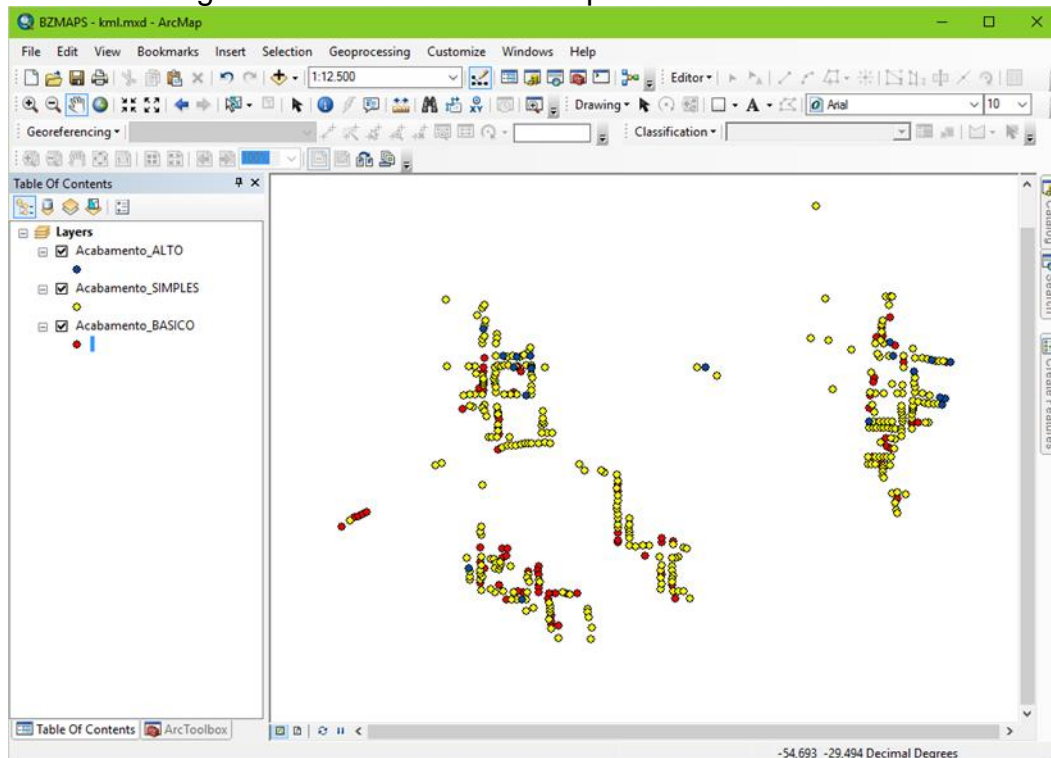
Densidade	Acabamento_construcao	Tipos_construcao	Condição_construcao	Numero_andares	Valor_vulnerabilidade	Vulnerabilidade	Petigo	Risco
Alta densidade	Básico	Misto	Velha	Térreo	9,2	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo	10	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Média densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo	9,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Média densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo	9,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Média densidade	Básico	Alvenaria	Intermediária	Térreo	6,6	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Média densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	7,8	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Média densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo	9,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Misto	Intermediária	Térreo	8	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Básico	Misto	Intermediária	Térreo	8	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Básico	Madeira	Velha	Térreo	10	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Nova	Térreo	6	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Alta Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Risco médio
Alta densidade	Básico	Alvenaria	Velha	Térreo	8,4	Média Vulnerabilidade	Baixo Perigo	Baixo risco

A partir das pesquisas analisadas anteriormente, os dados foram exportados para o Google Earth, conforme Figura 8.

Figura 8 - Análise dos dados por meio do Google Earth.

Ademais, os dados no formato KML podem ser analisados em aplicativos de SIG, como, por exemplo, o ArcGIS®, conforme retratado na Figura 9.

Figura 9 - Análise dos dados por meio do ArcGIS®.



Assim, para finalizar, salienta-se que tanto o público leigo ou técnico poderá desfrutar da análise dos dados, bastando realizar o planejamento e a organização dos dados de entrada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se de extrema importância ao trabalho as metodologias envolvidas para sistematização dos dados. Elas mostraram-se inteiramente ideais para a construção de uma base de dados sólida e eficiente para a análise de dados ligados ao estudo de riscos à inundação.

Conclui-se, de forma geral, que o desenvolvimento do aplicativo BZMAPS mostrou-se inteiramente operacional para trabalhar dentro da temática do presente trabalho, as inundações. Assim, não obstante haver a construção das bases cartográficas, com o BZMAPS, é possível disponibilizar os dados de forma clara e organizada, facilitando, inclusive, a utilização deles, dentro de órgãos públicos, como as prefeituras.

Além disso, uma etapa de extrema importância dentro da análise de riscos à inundação é gerar a síntese dos dados e, dessa forma, objetivar as informações de um determinado mapeamento. Assim sendo, verifica-se que,

com a organização dos dados, junto ao aplicativo BZMAPS, é possível obter a síntese dos dados cadastrados, auxiliando, inclusive, a esfera pública, a qual poderá analisar e utilizar os dados mapeados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYALA-CARCEDO, F. J. La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población. **Boletín de la A.G.E.** nº 30, 2000, p. 37-49, Instituto Geológico Y Minero de España.

CASTRO, S. D. A. de. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. Scripta Nova, **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Universidad de Barcelona, ISSN 1138- 9788, nº 60, 15 de marzo de 2000, 15 p.

KRON, W. **Keynote lecture: flood risk = hazard x exposure x vulnerability**. Flood Defence 2002, Wu et al. (eds)© 2002 Science Press, New York Ltd., ISBN 7-03-008310-5.

MAGNANELLI, N. P. **Perigo x Risco**. São José dos Campos, 2012. Disponível em:

<[http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/7%20-%20Conceito%20Risco%20X%20Perigo%20-%20Neli%20Pieres%20Magnanelli%20\(DVST\).pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/7%20-%20Conceito%20Risco%20X%20Perigo%20-%20Neli%20Pieres%20Magnanelli%20(DVST).pdf) >. Acesso em 24 ago.2013.

RIBEIRO, C. B. de M.; LIMA, R. N. de S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista de Geografia - PPGE** - v. 2, nº 1, p.1-9, 2011.

SANTOS, R. F. dos (org). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

ESTUDO DA VULNERABILIDADE FÍSICA DAS EDIFICAÇÕES EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA E ENXURRADAS NA VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO - RS

Igor da Silva Knierin; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

DOI: 10.14393/RCG206941157.

Resumo: Este artigo possui como objetivo apresentar um estudo da vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira, localizada no município de Faxinal do Soturno, região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Como metodologia de trabalho, foi realizada a caracterização do espaço urbano do município de Faxinal do Soturno e da área de estudo, seguido pela revisão da literatura para seleção de indicadores de vulnerabilidade, como também trabalhos de campo, entrevista não estruturada com residentes na área de estudo e consulta a órgãos municipais. A partir disso, foi elaborada uma ficha de cadastro baseada em quatro graus de vulnerabilidade (baixa, média, alta e muito alta), que consideraram as características físicas das edificações, o seu entorno e a infraestrutura urbana disponível. No cadastro, contabilizou-se o total de 70 edificações, sendo que, dessas, 24 foram identificadas como de vulnerabilidade baixa; 23 de vulnerabilidade média; 14 de vulnerabilidade alta e nove de vulnerabilidade muito alta. Com base nisso, busca-se contribuir, a partir do produto final deste trabalho com uma ferramenta para Defesa Civil municipal atuar na gestão e gerenciamento do risco de desastres naturais na área de estudo.

Palavras-chave: Desastre natural. Risco. Vulnerabilidade. Espaço urbano.

STUDY OF THE PHYSICAL VULNERABILITY OF BUILDINGS IN AREAS SUSCEPTIBLE TO MASS MOVEMENTS AND FLASH FLOODS IN THE VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO - RS

Abstract: This article aims to present a study of the physical vulnerability of buildings in susceptible areas to mass movements and flash floods in Vila Medianeira, located Faxinal do Soturno, central region of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. As a working methodology, was carried out the characterization of the urban space of Faxinal do Soturno and the study area, followed by the literature review for the selection of vulnerability indicators, as well as fieldworks, unstructured interview with the persons residing in the study area and consultation with municipal institutions. From this, was prepared a registration form based on four degrees of vulnerability (low, medium, high and very high), who considered the physical characteristics of the buildings, their surroundings and urban infrastructure available. In the register, the total of 70 buildings was counted, of these 24 were identified as low vulnerability, 23 of medium vulnerability, 14 of high vulnerability and 9 of very high vulnerability. Based on this, the final product of this work contributed as a tool for Civil Defense for the management of the risk of natural disasters in the study area.

Keywords: Natural disaster. Risk. Vulnerability. Urban space.

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais podem ser compreendidos como o resultado do impacto de fenômenos naturais sobre um sistema social. Dessa forma, ocasionam danos e prejuízos que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade atingida em conviver com o impacto (TOBIN e MONTZ, 1997; NUNES, 2015; TOMINAGA, 2015b).

No Brasil, os desastres naturais são significativos, em especial, no espaço urbano em áreas suscetíveis a processos naturais como movimentos de massa

e inundações. Conforme o EM-DAT (2017), entre 1960 e 2016, os movimentos de massa e as inundações afetaram 24.399.588 pessoas e ocasionaram 9.445 óbitos.

Inseridos, nesse contexto, a desigualdade socioeconômica e territorial de alguns grupos populacionais resultou na exclusão dos sujeitos, principalmente em relação ao acesso a áreas seguras para habitar e à edificação de moradias de qualidade (SAITO, SORIANO e LONDE, 2015). A partir disso, ocorre o processo de segregação residencial, que implica, necessariamente, a separação espacial das diferentes classes sociais fragmentadas no espaço geográfico (CORRÊA, 2016) e, por conseguinte, na gênese de áreas de risco de desastres naturais.

Dessa forma, advém a necessidade de entendimento do conceito de vulnerabilidade que corresponde ao conjunto de características e circunstâncias de uma comunidade ou sistema que o torna suscetível aos efeitos danosos de um perigo (UNISDR, 2009). Agregado a isso, a vulnerabilidade remete a uma qualidade do momento, ou seja, uma condição atual extremamente dinâmica dos sujeitos (SAITO, SORIANO e LONDE, 2015).

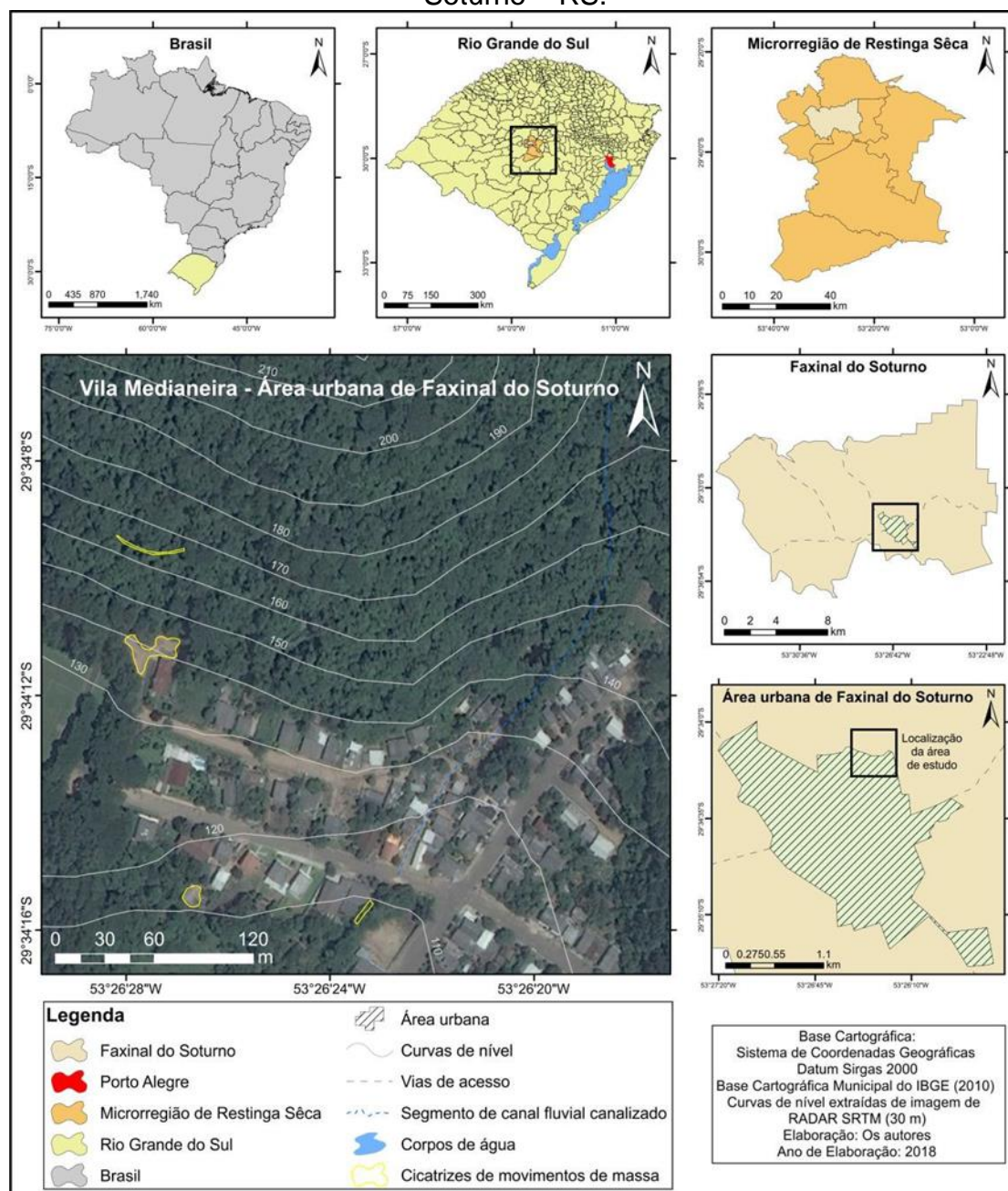
Segundo Tominaga (2015a), a vulnerabilidade representa a totalidade de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que potencializam o aumento da suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) em sofrer com o impacto de perigos. Assim, corresponde tanto aos aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura), como também fatores humanos (econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais).

Neste sentido, Avila (2015) e Aimon (2017) destacam a relevância de alguns elementos necessários para retratar-se no estudo da vulnerabilidade, seja relacionados às características físicas da edificação e seu entorno, expressos por meio do tipo de material, obras estruturais de contenção, número de pavimentos, grau de acabamento e tamanho aproximado da edificação, como também a partir da infraestrutura urbana disponível no local, associados à forma do processo de ocupação, tipo de uso e densidade da ocupação.

Integrado a esse tema, o artigo possui como objetivo apresentar um estudo da vulnerabilidade física das edificações dos sujeitos em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira. A área de

estudo localiza-se ao norte da área urbana do município de Faxinal do Soturno, na Microrregião de Restinga Sêca, região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, distante aproximadamente 275,6 km da capital da estadual Porto Alegre (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da Vila Medianeira - Área urbana de Faxinal do Soturno – RS.



Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

A Vila Medianeira corresponde a um recorte do espaço urbano do município de Faxinal do Soturno e caracteriza-se por apresentar uma encosta

naturalmente suscetível a processos que ocasionam danos como movimentos de massa e enxurradas. Nesse local, a ocupação urbana localiza-se na base de uma encosta declivosa e junto a um curso fluvial de primeira ordem, tributário do rio Soturno – RS, que foi canalizado. A ação antrópica desempenha diferentes formas de intervenção na área de estudo (cortes, aterros, retirada da cobertura vegetal, lançamento de águas servidas, descarte de lixo etc.), o que condiciona e agrava a potencialidade para ocorrência de desastres naturais e em razão da vulnerabilidade dessa comunidade caracterizam esse local como uma área de risco de desastres naturais.

METODOLOGIA

O desenvolvimento desta pesquisa foi realizado a partir da caracterização do espaço urbano do município de Faxinal do Soturno e da área de estudo, seguido pela organização de uma ficha cadastral e cadastro da vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira.

Na área de estudo, foram realizados trabalhos de campo, nos meses de julho de 2016 e dezembro de 2017. Agregado a isso, houve consulta à Secretaria de Assistência Social, Secretaria da Agricultura e Departamento do Meio Ambiente e Defesa Civil municipal de Faxinal do Soturno. Nos trabalhos de campo, foram realizados registros fotográficos, coleta de pontos de controle, descrição e identificação de condições que potencializavam a suscetibilidade de processos superficiais que ocasionam danos e a vulnerabilidade física das edificações dos sujeitos, além de conversas com a população residente localizada nessas áreas.

A análise da expansão urbana e a ocupação da área de estudo foi realizada a partir da elaboração do mapa da expansão da área urbanizada de Faxinal do Soturno. O referido mapa foi elaborado no ArcGIS® 10.1 e teve, como dados primários, a Carta Topográfica de Faxinal do Soturno - RS, na escala 1:50.000, folha SH.22-V-C-IV-I para o ano de 1975 e imagens de satélite ópticas disponíveis no serviço Basemap - World Imagery do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para vetorização manual da área urbanizada para o ano de 2017. As bases cartográficas foram reprojatadas para o sistema projetado UTM do Fuso 22, referente ao Datum Sirgas 2000. As imagens de satélite foram

utilizadas com reprojeção virtual para o mesmo sistema de referência e possuem como fonte a DigitalGlobe, WorldView-2 Satellite Images, datadas de 29 de julho de 2017, com resolução espacial de 50-60 cm.

Para análise das áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas, foi elaborado o mapa dos processos superficiais que ocasionam danos, também no ArcGIS® 10.1 e como dados primários a Base Cartográfica do IBGE (2010) na escala 1:50.000 e curvas de nível com equidistância de 10 m extraídas a partir de uma cena de imagem de RADAR SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 1 arcsec (30 m). A área suscetível a enxurradas foi delimitada com base nos trabalhos de campo realizados na área de estudo, consulta à Defesa Civil municipal e entrevista não estruturada com a população que reside no local. Para a identificação das áreas suscetíveis a movimentos de massa, considerou-se toda a área da encosta e sua base, para isso, observou-se *in loco* fatores condicionantes como declividade acentuada, presença de blocos de rocha, descontinuidades, linhas de fluxo, entre outros. Os dados foram validados a partir de trabalhos de campo e consulta a Defesa Civil municipal.

Para descrever a vulnerabilidade, foi elaborada uma ficha cadastral, fundamentada em uma revisão da literatura com base em artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, de forma que contemplasse o estado da arte a respeito do tema (Quadro 1).

Quadro 1 – Síntese de indicadores de vulnerabilidade apresentados por diferentes autores utilizados como base para a elaboração da ficha de cadastro.

Autor/Ano de publicação	Resumo de indicadores utilizados para o estudo da vulnerabilidade
Oliveira (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Malha viária: pavimentada ou não pavimentada. - Esgoto: canalizado ou lançado direto no ambiente. - Rede pluvial: apresenta ou não apresenta. - Padrão construtivo: alto/médio ou baixo. - Ocupação: organizada ou desordenada. - Obras de contenção: apresenta ou não apresenta.
Papathoma-Köhle et al. (2007)	Tipo de material; entorno; andaes; inclinação lateral; aviso/sinal (presença de sinais de aviso à deslizamentos, trincas etc.).
Kappes et al. (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Informações específicas das construções: material; andaes; condições; aberturas na direção da vertente inclinada; altura da menor abertura; presença de sinais de avisos de deslizamentos; porão; material do telhado; tipo de função. - Construções do entorno: localização da área construída - direção da encosta e do rio; proteção da vegetação; medidas de proteção; presença de objetos móveis que podem ser levados pela água ou neve. - Características relacionadas à população: uso; vulnerabilidade da população (escolas, hospitais etc.); densidade da população no inverno/dia; densidade da população no inverno/noite; densidade da população no verão/dia; densidade da

Autor/Ano de publicação	Resumo de indicadores utilizados para o estudo da vulnerabilidade
	população no verão/noite.
Righi e Robaina (2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrão construtivo: uso técnicas de engenharia adequadas segundo as normas construtivas. - Tipo de materiais: alvenaria, madeira (base em alvenaria) e materiais variados. - Infraestrutura local: malhas viárias, obras de engenharia para contenção dos processos naturais, rede de drenagem pluvial e redes de água. - Quantidade de habitantes por setores censitários a partir dos dados de população em órgãos oficiais.
Trentin et al. (2013)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrão construtivo: tipo de material utilizado nas construções (alvenaria, madeira ou outro material); estado de conservação; construções de acordo com normas técnicas de engenharia ou autoconstruídas pelos próprios moradores. - Infraestrutura pública disponível: estrutura das vias com relação à existência ou não de pavimento, calçamento ou não calçada, iluminação pública e água encanada.
Wiggers (2013)	<ul style="list-style-type: none"> - Adensamento de moradias: muito alto, alto, médio e baixo. - Padrão construtivo: tamanho e tipologia construtiva das moradias. - Infraestrutura local: existência ou não de calçamento das vias.
Kormann (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura urbana: largura das vias, pavimentação e ordenamento. - Saneamento: aterro no terreno e esgoto. - Moradias: Tamanho, acabamento e tipo de material.
Henrique (2014)	Quantidade de edificações; características da edificação; características do acesso à edificação; características do acesso ao subsetor; localização da edificação/infraestrutura; saneamento básico/energia elétrica.
Galvão (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrão construtivo: tipo de material (alvenaria, madeira e misto); - Acabamento: com reboco, sem reboco, com sapata e sem sapata. - Infraestrutura próxima: via asfaltada, calçada e não-pavimentada. - Adensamento: quantidade de edificações em cada segmento da área de estudo.
Trentin e Dias (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrão construtivo das moradias. - Adensamento populacional. - Capacidade de ações contra os processos de perigo.
Menezes (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrão de urbanização: presença ou não de medidas estruturais, padrão das construções e ainda o uso. - Condicionantes que cercam as residências: tipo de capeamento das vias e carências de saneamento básico e análise do padrão geral das residências encontradas nessas áreas, considerando-se o tipo de material e estado de conservação. - Nível e tipo de intervenções presentes nas drenagens: construção de diques e a presença de bacias de contenção.
Matos (2014)	- Presença de blocos na área mapeada; tamanho dos blocos; presença de portas e janelas grades/largas nas moradias; número de andares; terrenos largos (campos, clubes, terrenos baldios) próximos às construções; material de construção (concreto, misto, material pobre/madeira); muros altos envolvendo as construções.
Prina (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Acabamento das construções: básico; simples; alto. - Condição da construção: velha; intermediária; nova. - Tipos de materiais das construções: madeira; misto; alvenaria. - Densidade de construções: alta densidade; média densidade; baixa densidade. - Número de andares das residências: térreo; um andar; mais que um andar.
Avila (2015)	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação: ordenada ou desordenada. - Moradias: Tamanho das moradias (< 50 m²; 50-100 m²; > 100 m²); grau de acabamento (com acabamento; acabamento precário; sem acabamento); tipo de material - resistência ao impacto/dano (alvenaria; madeira; misto; material reciclado). - Infraestrutura urbana disponível: rede de águas servidas/esgoto (existente ou não existente); vias urbanas (pavimentada ou não pavimentada).
Aimon (2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura pública: vias urbanas (asfaltada; não asfaltada); esgotamento (presente; não presente). - Característica das residências: tipo de material (alvenaria; madeira; misto; sobra de materiais); presença de estruturas preventivas ou adaptações para o processo de risco.

Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

Com base nos trabalhos analisados, foram estipulados os indicadores de vulnerabilidade, associados às características da área de estudo, à escala de trabalho e ao tempo disponível para sua execução. A partir disso, foi elaborada a ficha cadastral para a vulnerabilidade (Quadro 2), na qual foram adotados pesos e notas para os respectivos indicadores, com base na revisão da literatura e conhecimento das características da área de estudo. A ficha cadastral foi aplicada em 70 edificações que correspondiam a área de estudo na Vila Medianeira.

Quadro 2 – Ficha de cadastro de vulnerabilidade para Vila Medianeira.

FICHA DE CADASTRO DE VULNERABILIDADE			
DADOS GERAIS:			
Equipe:		Número de cadastro:	
Data:		Coordenadas UTM	
Local:		Lat.:	Long.:
Rua:		Número de fotografias:	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA EDIFICAÇÃO E ENTORNO (PESO 65%)			
Tipo de material (Nota 3,5) 0 - () Alvenaria / 1- () Madeira ou Misto / 2,5 - () Material reciclado		Obras estruturais de contenção (Nota 2, 5) 0 - () Sim / 2,5 - () Não	
Número de pavimentos da edificação (Nota 1,5) 0 - () Mais de um / 1,5 - () Um		Grau de acabamento (Nota 1,5) 0 - () Com bom acabamento / 0,50 - () Acabamento precário / 1 - () Sem acabamento	
Tamanho aproximado da edificação (Nota 1) 0 - () > 100 m ² / 0,25 - () 50-100 m ² / 0,75 - () < 50 m ²			
INFRAESTRUTURA URBANA DISPONÍVEL (PESO 35%)			
Forma do processo de ocupação (Nota 2) 0 - () Ocupação ordenada / 2 - () Ocupação desordenada		Tipo de uso (Nota 2) 0,75 - () Residencial / 1,25 - () Comercial ou Instituição pública	
Rede de águas servidas/esgoto (Nota 2) 0 - () Satisfatório / 0,75 - () Precário / 1,25 - () Inexistente		Sistema de rede pluvial (Nota 1,5) 0 - () Satisfatório / 0,5 - () Precário / 1 - () Inexistente	
Densidade da ocupação (Nota 1,25) 0 - () Não é uma área densamente ocupada / 1,25 - () Área densamente ocupada		Condições de acesso (Nota 0,75) 0 - () Asfalto ou rua calçada (paralelepípedo) / 0,25 - () Sem calçamento / 0,5 - () Trilha/caminhamento	
Iluminação pública (Nota 0,50) 0 - () Satisfatório / 0,5 - () Inexistente			
GRAU DE VULNERABILIDADE:			
() vulnerabilidade baixa	() vulnerabilidade média	() vulnerabilidade alta	() vulnerabilidade muito alta
Observações:			

Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

Para o cálculo da vulnerabilidade, individualizou-se a ficha de cadastro em dois itens que apresentam seus respectivos pesos (p) de influência no

enfrentamento dos sujeitos aos processos que ocasionam danos: características físicas da edificação e entorno (peso 65%) e infraestrutura urbana disponível (peso 35%). Nos respectivos itens, foram contabilizados um número N de questões, as quais possuem, no seu somatório, a nota 10.

Para obter-se o valor da vulnerabilidade, são somadas todas as notas de cada item, multiplicadas pelo seu peso e dividido pelo denominador 10, dessa forma, é identificado um valor X para cada um. Após esse processo, são somados os valores de X dos dois itens e, assim, obtendo-se o valor final da vulnerabilidade para a edificação cadastrada, conforme exemplificado no Quadro 3.

Quadro 3 – Método para o cálculo da vulnerabilidade.

<p style="text-align: center;">Cálculo da Vulnerabilidade:</p> $\frac{(N + N \dots) * P}{10} = X$ <p>N = Nota de cada questão dos itens (a soma das notas de cada item é 10) P = Peso do item (ex.: características físicas da edificação e entorno - peso 65%) X = item (ex.: características físicas da edificação e entorno) X + X = Valor da vulnerabilidade (soma dos itens)</p>
--

Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

De posse dessas características analisadas, definiu-se quatro graus de vulnerabilidade para as edificações dos sujeitos, que estão situadas em locais suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas, definidos em: vulnerabilidade baixa, vulnerabilidade média, vulnerabilidade alta e vulnerabilidade muito alta (Quadro 4).

Para estabelecer-se os referidos graus, convencionou-se os valores ≤ 20 para vulnerabilidade baixa,

> 20 a ≤ 40 para vulnerabilidade média, > 40 a ≤ 60 para vulnerabilidade alta e > 60 para vulnerabilidade muito alta. Os respectivos valores foram estabelecidos a partir da modelagem em gabinete dos dados cadastrais e observações durante os trabalhos de campo de forma que correspondem aos diferentes graus de vulnerabilidade presentes na área de estudo.

Quadro 4 – Graus de vulnerabilidade.

VULNERABILIDADE	
Grau de vulnerabilidade	Descrição:
Vulnerabilidade baixa: (≤ 20)	- Processo de ocupação ordenado, pode apresentar diferentes usos, com rede de águas servidas/esgoto e sistema de rede pluvial satisfatórios, ruas calçadas ou pavimentadas e com iluminação pública. - Moradias constituídas por material de alvenaria, com bom acabamento, tamanho médio a grande, com um ou mais pavimentos e podem apresentar estruturas de contenção.
Vulnerabilidade média: (> 20 a ≤ 40)	- Processo de ocupação ordenado, pode apresentar diferentes usos, a rede de águas servidas/esgoto e sistema de rede pluvial são precários e/ou satisfatórios, ruas calçadas ou pavimentadas e com iluminação pública. - Moradias com material de alvenaria, madeira ou misto, podem apresentar ou não acabamento, tamanho pequeno a médio, um a dois pavimentos e podem apresentar estruturas de contenção.
Vulnerabilidade alta: (> 40 a ≤ 60)	- Processo de ocupação desordenado, de uso residencial, a rede de águas servidas/esgoto e sistema de rede pluvial é inexistente e/ou precária, as ruas são calçadas ou sem calçamento e a iluminação pública é precária ou satisfatória. - Moradias com material de alvenaria, madeira ou misto, sem acabamento, tamanho pequeno, um pavimento e sem a presença de estruturas de contenção.
Vulnerabilidade muito alta: (> 60)	- Processo de ocupação desordenado, de uso residencial, a rede de águas servidas/esgoto e sistema de rede pluvial é inexistente e/ou precária, as ruas são sem calçamento ou os acessos devem ser realizados por trilha/caminho e a iluminação pública é inexistente ou precária. - Moradias de madeira ou com material reciclado, sem acabamento, tamanho pequeno, um pavimento e sem a presença de estruturas de contenção.

Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

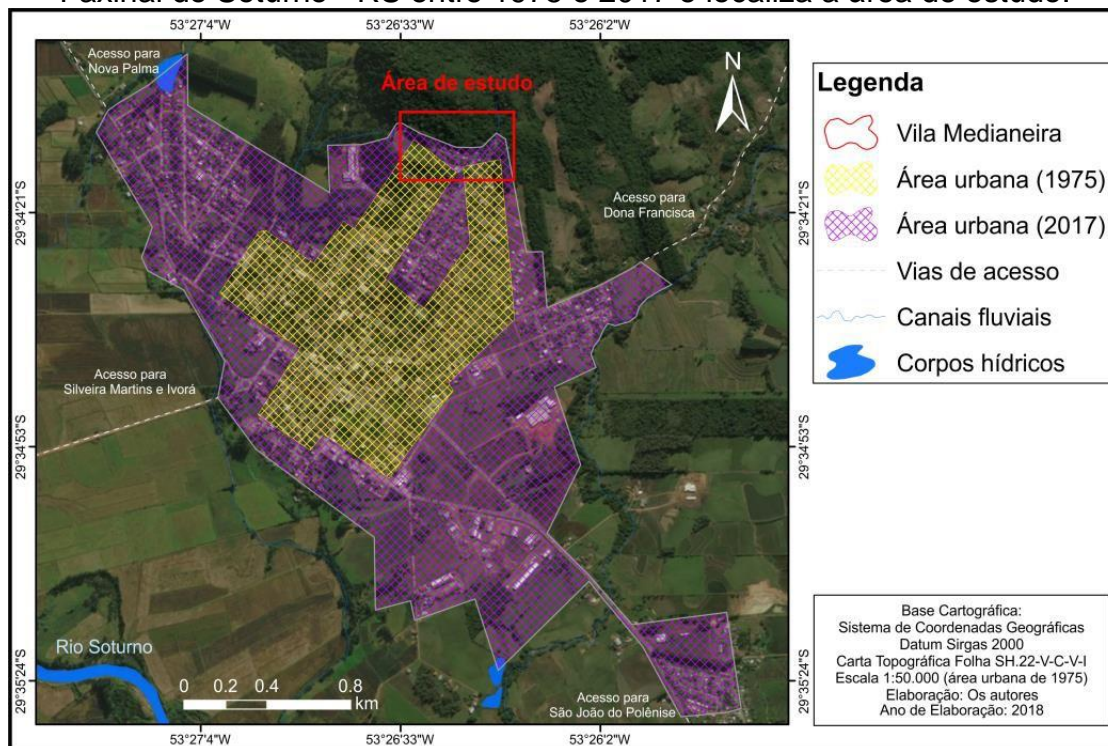
RESULTADOS E DISCUSSÃO

No espaço urbano do município de Faxinal do Soturno, ainda são poucas as obras verticalizadas, sendo que predominam edificações de uso residencial, prestação de serviços e comércio. No mapa da Figura 2, pode ser observada a expansão da área urbanizada do município no período entre 1975 e 2017.

Neste sentido, é possível visualizar que, no intervalo de 42 anos analisado, o avanço da urbanização deu-se em todas as direções (norte, sul, leste e oeste) da antiga área urbana. No entanto, em alguns setores, o processo de habitação ocorreu em áreas naturalmente suscetíveis a processos superficiais, como em margens de cursos fluviais, tributários do rio Soturno e de encosta declivosa, como é o caso da Vila Medianeira.

A ocupação dessas áreas corresponde aos locais em que os serviços urbanos, em especial, de saneamento básico e urbanização adequada, são mais insatisfatórios. Agregado a isso, passaram a caracterizar na gênese das áreas de risco de desastres naturais com áreas suscetíveis a processos de movimentos de massa e enxurradas.

Figura 2 – Mapa que retrata a expansão da área urbanizada do município de Faxinal do Soturno - RS entre 1975 e 2017 e localiza a área de estudo.



Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

A expansão urbana sobre esses locais remete a fatores socioeconômicos e à falta de planejamento e ordenamento do espaço urbano. Em razão da condição socioeconômica dos sujeitos, eles passam a ocupar áreas com características ambientais frágeis, não adequadas ao processo habitacional e, por consequência, que não possuem interesse para o mercado imobiliário. Por outro lado, remete também à deficiência no planejamento e organização do espaço urbano a medida em que são ocupadas áreas sem que sejam realizados estudos prévios em que se considerem suas características naturais.

Na Vila Medianeira, a ocupação urbana ocorre de maneira formal e informal, agregada às discriminações sociais da população e aos serviços urbanos, que se encontram de maneira heterogênea (satisfatórios ou insatisfatórios). Os locais de maior suscetibilidade para que ocorram movimentos de massa e enxurradas associam-se aos locais onde a vulnerabilidade é mais significativa, seja em relação à distribuição dos serviços urbanos disponíveis ou ao padrão construtivo das edificações e isso reproduz o processo de segregação residencial.

Nos locais de maior vulnerabilidade, foi identificado processo de ocupação desordenado, assim como situações pontuais de intervenção antrópica, como construção da edificação junto à área suscetível a enxurradas e/ou na base da encosta declivosa, realização de cortes e aterros, retirada da cobertura vegetal, lançamento e descarte de despejos ou lixo, lançamento de águas servidas, inserção de espécies exóticas, entre outras formas de intervenção. Todas essas ações potencializam e agravam as condições de suscetibilidade de movimentos de massa e de enxurradas na área de estudo.

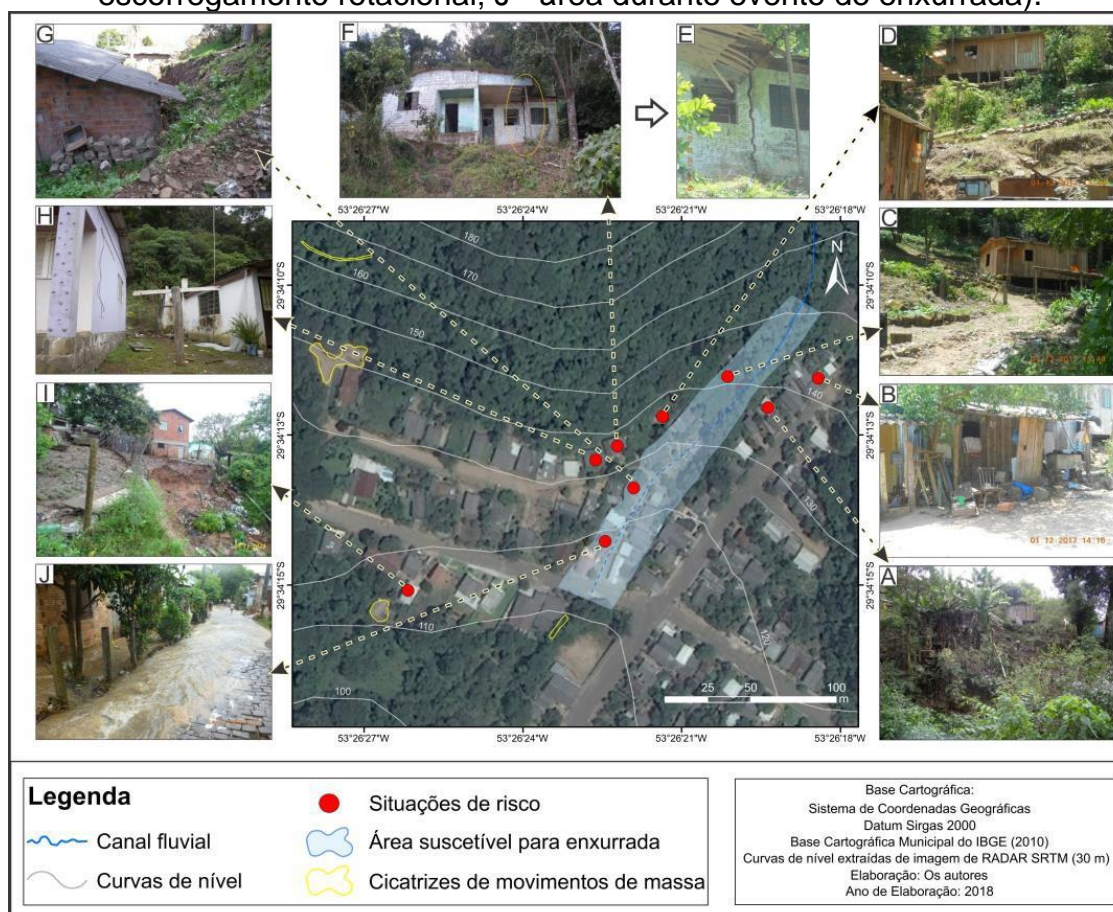
Segundo informações da Defesa Civil do Rio Grande do Sul, no período de 10 anos, entre 2007 e 2017, foram decretadas ao menos cinco vezes Situação de Emergência (2009, 2010, 2013, 2015 e 2017) por parte do município para atender os acontecimentos pós-desastres. A área de estudo foi afetada por parte desses eventos e eles estão relacionados à ocorrência de processos de movimentos de massa identificados de maneira localizada, associados ao lançamento de água servida, ou de cortes/aterros irregulares de taludes, assim como processos de enxurrada em eventos de precipitação intensa, concentrada ou acumulada em uma área em que um canal fluvial tributário do rio Soturno foi canalizado.

No mapa da Figura 3, pode-se observar a espacialização de cicatrizes de movimentos de massa e a área suscetível a processos de enxurrada, como também demais situações de risco de desastres naturais (Figura 3 - A, B, C, D, E, F, G, H, I e J).

Vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas

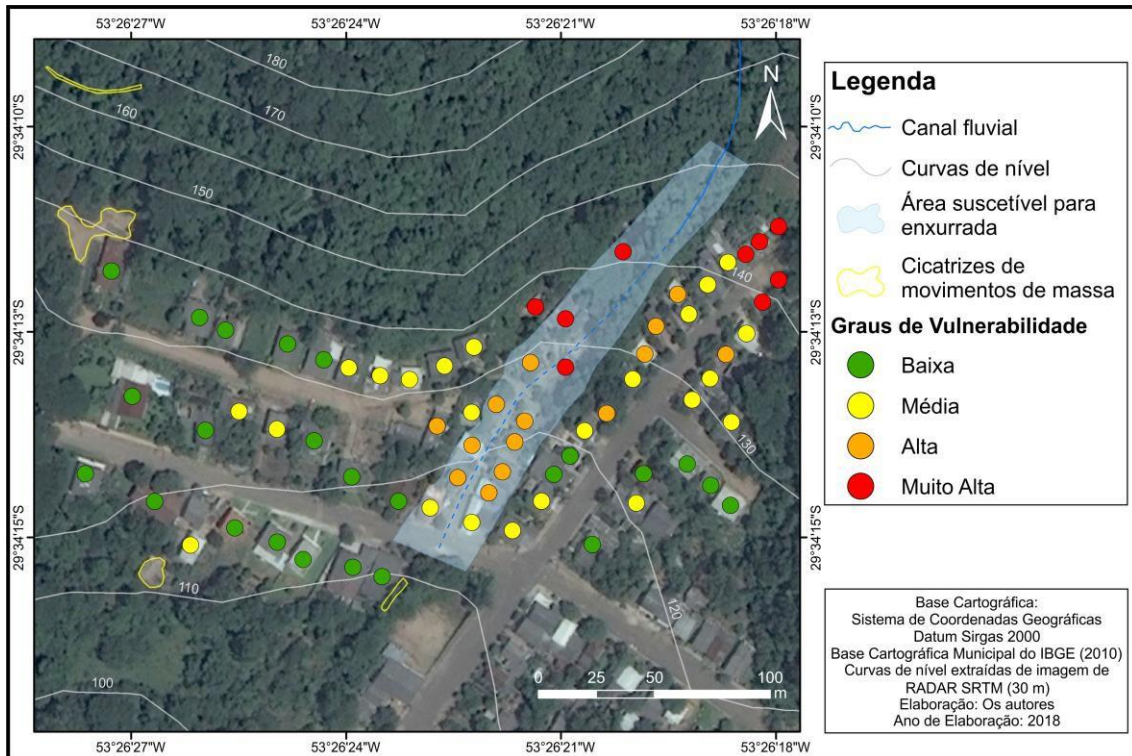
Na Vila Medianeira, foram representados quatro graus de vulnerabilidade - baixa, média, alta e muito alta - (Figura 4) que se constituiu na variável que busca mensurar a condição física das edificações e de infraestrutura urbana em áreas suscetíveis a danos ocasionados por movimentos de massa e enxurradas.

Figura 3 – Mapa de processos superficiais que ocasionam danos e situações de risco na Vila Medianeira, ao norte da área urbana de Faxinal do Soturno - RS (A e B - edificações próximas a encosta de vale declivoso; C - edificação localizada em área suscetível a enxurrada; D - edificação próxima a base de encosta declivosa; E e F - edificação desocupada próxima a base de encosta declivosa com rachaduras; G - edificação próxima a área de corte; H - edificações próximas a base de encosta declivosa; I - área com registro de escorregamento rotacional; J - área durante evento de enxurrada).



Fonte – Elaborado pelos autores (2018), fotografias A, E, F, G e H obtidas no trabalho de campo realizado dia 29 de julho de 2016, fotografias B, C e D obtidas no trabalho de campo realizado dia 01 de dezembro de 2017 e fotografias I e J disponibilizadas pela Defesa Civil Municipal de Faxinal do Soturno (2013; 2015).

Figura 4 – Mapa da vulnerabilidade física das edificações em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira, ao norte da área urbana de Faxinal do Soturno – RS.



Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

No cadastro realizado, contabilizou-se um total de 70 edificações, sendo que, dessas, 34,28% encontram-se em condição de vulnerabilidade baixa; 32,86% de vulnerabilidade média; 20% de vulnerabilidade alta e 12,86% de vulnerabilidade muito alta. Na Tabela 1, pode ser observada a distribuição das edificações por graus de vulnerabilidade segundo seu número total e nos respectivos valores percentuais.

Tabela 1 – Quantificação do cadastro da vulnerabilidade na Vila Medianeira - Faxinal do Soturno - RS.

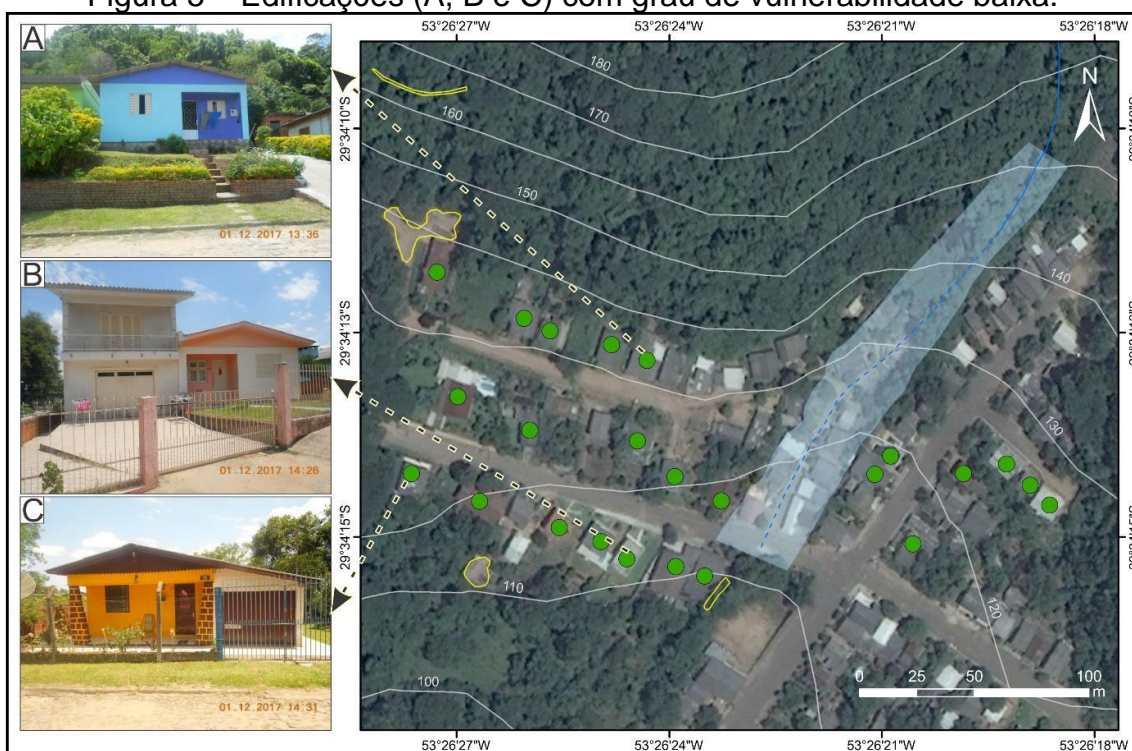
Graus de vulnerabilidade	Número de edificações	Percentual de edificações
Vulnerabilidade baixa	24	34,28%
Vulnerabilidade média	23	32,86%
Vulnerabilidade alta	14	20%
Vulnerabilidade muito alta	9	12,86%

Fonte – Elaborado pelos autores (2018).

Na vulnerabilidade baixa (Figura 5), foram cadastradas 24 edificações e encontram-se localizadas na meia encosta, as quais caracterizam um processo de ocupação ordenado e formal. A infraestrutura pública é adequada com rede de águas servidas, rede de águas pluviais, vias calçadas e iluminação pública satisfatória, observando ainda o uso do tipo residencial ou com atividade comercial.

As características físicas das edificações e entorno corroboram para segurança dos sujeitos mediante um processo que potencialize danos como, por exemplo, edificações de um ou mais pavimentos, com dimensões de médias a amplas, tipo de material como alvenaria ou misto, com bom acabamento e podendo haver ainda obras estruturais de contenção, como muros em áreas de corte. Dessa forma, caracterizam plenas condições e capacidade de intervenção ou resposta caso ocorra um desastre natural na área de estudo.

Figura 5 – Edificações (A, B e C) com grau de vulnerabilidade baixa.



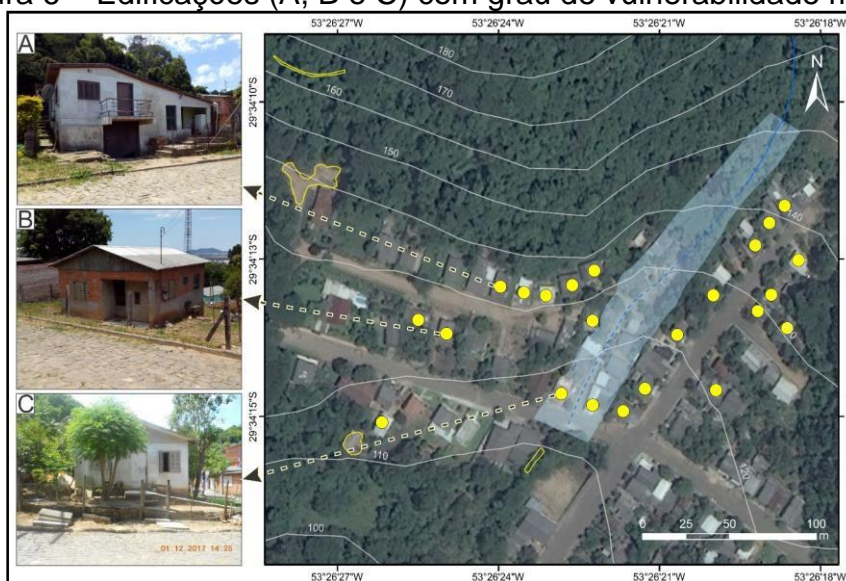
Fonte – Elaborado pelos autores (2018), fotografias A, B e C obtidas no trabalho de campo realizado dia 01 de dezembro de 2017.

A vulnerabilidade média (Figura 6) corresponde a 23 edificações cadastradas e caracterizam-se com processo de ocupação do espaço geográfico de modo ordenado e formal. Localizam-se na base da encosta declivosa, em via

próxima ao canal fluvial canalizado. O uso e a ocupação é predominantemente residencial e os serviços, por sua vez, podem ocorrer de maneira satisfatória, porém, com algumas contradições, como sistema de rede pluvial e de águas servidas satisfatório ou precário em alguns casos, via calçada ou sem calçamento e a iluminação pública satisfatória.

As edificações constituem-se em um ou dois pavimentos, com material de alvenaria, madeira e/ou misto, além disso podem apresentar ou não acabamento. Suas dimensões são médias a pequenas e, em alguns casos, podem apresentar estruturas de contenção de maneira localizada. Frente a isso, caracterizam capacidade média de intervenção ou resposta caso ocorram processos que ocasionem danos e, por conseguinte, desencadeiem um desastre natural.

Figura 6 – Edificações (A, B e C) com grau de vulnerabilidade média.



Fonte – Elaborado pelos autores (2018), fotografias A, B e C obtidas no trabalho de campo realizado dia 01 de dezembro de 2017.

A vulnerabilidade alta (Figura 7) distribui-se em 14 edificações cadastradas e apresenta-se na área de estudo, expressando um processo desordenado e de maneira informal do uso e ocupação do espaço geográfico. Localizam-se, predominantemente, nos locais em que os maiores graus de suscetibilidade são presentes, ou seja, na base da encosta declivosa, dentro do vale fluvial canalizado e na margem declivosa dele.

O uso e a ocupação são residenciais e os serviços públicos, na sua maioria, não são satisfatórios, evidenciando-se a rede de águas servidas ou esgoto e sistema de rede pluvial precários e/ou inexistentes, as vias podem ser com ou sem calçamento e a iluminação pública satisfatória em alguns casos ou precária.

As edificações são de um pavimento e tamanho pequeno, constituídas com material de alvenaria, madeira ou misto, porém, com acabamento precário ou inexistente e sem a presença de obras estruturais de contenção. Em razão desses fatores, conferem pouca capacidade de intervenção ou resposta caso ocorram processos que causem danos e, por conseguinte, um desastre natural.

Figura 7 – Edificações (A, B e C) com grau de vulnerabilidade alta,



Fonte – Elaborado pelos autores (2018), fotografias A, B e C obtidas no trabalho de campo realizado dia 01 de dezembro de 2017.

Por fim, nas áreas de vulnerabilidade muito alta (Figura 8), distribuem-se nove edificações cadastradas, que se caracterizam por apresentar o processo de uso e ocupação de maneira desordenada e informal no espaço geográfico. Na sua maioria, elas repetem os locais onde a suscetibilidade é alta ou muito alta e localizam-se na base da encosta declivosa, no vale fluvial canalizado, em sua margem declivosa ou em locais de corte e aterro de talude.

O uso e ocupação é exclusivamente residencial e a disponibilidade de serviços públicos não é satisfatória, em que não são presentes rede de águas servidas ou esgoto e sistema de rede pluvial, o acesso as edificações é sem

calçamento ou realizado por trilha e/ou caminhos e a iluminação pública insatisfatória ou inexistente.

As edificações são de um pavimento e tamanho pequeno, constituídas de madeira ou com material reciclado, sem acabamento e sem obras estruturais de contenção. As características das edificações indicam que, na eventualidade de processos que ocasionem danos, seja muito baixa capacidade de intervenção e/ou resposta a esses eventos e, por conseguinte, de enfrentamento e recuperação frente a um desastre natural.

Figura 8 – Edificações (A, B e C) com grau de vulnerabilidade muito alta.



Fonte – Elaborado pelos autores (2018), fotografias A, B e C obtidas no trabalho de campo realizado dia 01 de dezembro de 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de produção e reprodução do espaço urbano reflete padrões de organização socioespacial, os quais se associam as características sociais e econômicas dos sujeitos, como também de infraestrutura urbana ordenada pelo poder público e/ou privado e explorados pelo mercado imobiliário. Esses aspectos apreciam-se conjuntamente e refletem no processo de segregação residencial, que pode ser expresso pelo grau da vulnerabilidade.

Agregado a isso, este artigo apresentou, como objetivo, o estudo da vulnerabilidade física das edificações localizadas em áreas suscetíveis a movimentos de massa e enxurradas na Vila Medianeira. A vulnerabilidade foi expressa em graus (baixa, média, alta e muito alta) e expôs a condição e/ou capacidade para enfrentar e recuperar-se caso ocorram eventos danosos na área de estudo.

No cadastro, as condições de suscetibilidade mais representativas a processos que ocasionam danos, como também à infraestrutura pública insatisfatória repetiu-se onde a vulnerabilidade apresentava-se em graus mais elevados como alta ou muito alta. Neste sentido, a dinâmica do processo de ocupação e expansão da área urbanizada estabeleceu-se em locais não adequados ao processo de habitação, com falta de saneamento básico ou expostos a diferentes situações de danos, identificando-se, com isso, a gênese de novas áreas de risco de desastres naturais, com processo de uso e ocupação desordenado e de modo informal pelos sujeitos.

O estudo serve como uma ferramenta para atuação mais efetiva da Defesa Civil municipal de Faxinal do Soturno na gestão e gerenciamento de risco de desastres naturais, no sentido de indicar onde a mitigação da vulnerabilidade é mais necessária. Agregado a isso, recomenda-se que sejam realizados estudos prévios para ocupação de novas áreas, visto que o local apresenta condicionantes naturais para ocorrência de movimentos de massa e enxurradas e a ocupação da área potencializa a gênese de novos processos. Ações de educação ambiental com a comunidade também são indicadas no sentido da sensibilização a respeito das intervenções antrópicas e suas consequências.

Por fim, propõe-se que novos estudos possam ser desenvolvidos na área de estudo, como, por exemplo, a análise de perigo de processos que ocasionem danos e, por conseguinte, de risco de desastres naturais. Como também, sugere-se, em razão da dinâmica empenhada a produção e reprodução do espaço urbano no decorrer do tempo e novas ocupações e/ou intervenções antrópicas ocorram na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor, apoio à pesquisa

do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Defesa Civil municipal de Faxinal do Soturno - RS.

REFERÊNCIAS

AIMON, J. G. S. **Análise espaço-temporal do risco à inundação na área urbana do município de Uruguaiana/RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências (PPGGEO). Santa Maria, RS, Brasil, p. 109, 2017.

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.

CORRÊA, R. L. Segregação residencial: classes sociais e espaço urbano. In: VASCONCELOS, P. A.; CORRÊA, R. L.; PINTAUDI, S. M. (Orgs.). **A cidade contemporânea: segregação espacial**. São Paulo: Contexto, 2016.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Faxinal do Soturno**. Disponível em: <<http://www2.defesacivil.rs.gov.br/SGDC/MConvenios/ConvInterMuniNew.asp?msg=&iddecreto=&idopm=0&idmunicipio=165&idtpevento=0&dtinicial=01/01/2011&dtfinal=27/12/2017&idtpsolicitacao=&nopred=&popatingida=>>. Acesso em 18 jul. 2017.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - BRASIL. **Faxinal do Soturno - RS**. Escala 1:50.000, folha SH.22-V-C-IV-I, 1976.

EM-DAT - EMERGENCY EVENTS DATABASE. Country Profile. **The International Disaster Database**. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, 2017. Disponível em: <http://emdat.be/country_profile/index.html>. Acesso em 20 fev. 2017.

GALVÃO, M. I. S. **Zoneamento de risco à inundação da área urbana de Porto Xavier/RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, p. 107, 2014.

HENRIQUE, H. M. **Mapa de risco a deslizamento e erosão do bairro de Rurópolis, município do Ipojuca-PE**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 160, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base Cartográfica Municipal. Escala 1: 50.000**, 2010. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/UFs/RS/>. Acesso em 09 ago. 2016.

KAPPES, S. M.; MALET, P. J.; REMAÎTRE, A.; HORTON, P.; JABOYEDOFF, M.; BELL, R. Assessment of debris-flow susceptibility at medium-scale in the

Barcelonnette Basin, France. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 11, p. 627-641, 2011. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-627-2011>

KORMANN, T. C. **Ocupação de encostas no município de Blumenau - SC: estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, p. 147, 2014.

MATOS, L. J. **A vulnerabilidade das construções às corridas de detritos na bacia experimental do rio Guaxinduba - município de Caraguatatuba - SP**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas das Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física. Universidade de São Paula, São Paulo, SP, 2014

MENEZES, D. J. **Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul - RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências (PPGGEO). Santa Maria, RS, Brasil, p. 134, 2014.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais: abrangência na América do Sul**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVEIRA, E. L. A. **Áreas de risco geomorfológico na bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria/RS: zoneamento e hierarquização**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, p. 145, 2004.

PAPATHOMA-KÖHLE, M.; NEUHÄUSER, B.; RATZINGR, K.; WENZEL, H.; DOMINEY-HOWES, D. Elements at risk as a framework for assessing the vulnerability of communities to landslides. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 7, 765 e 779, 2007. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-765-2007>

PRINA, B. Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento de áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências (PPGGEO). Santa Maria, RS, Brasil, p. 127, 2015.

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**, v.13, n.3, p. 279- 286, 2012. <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i3.198>

SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Orgs.). **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: oficina de textos, 2015.

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

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3 Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015a.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3 Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015b.

TRENTIN, R.; DIAS, D. F. Estudos de áreas de risco: o caso de Cachoeira do Sul/RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, 41, p. 285-303, 2014. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2013.3808>

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, V. S. Zoneamento do risco de inundação do rio Vacacaí no município de São Gabriel, RS. **Geo UERJ** - Ano 15, nº. 24, v. 1, p. 161-180, 2013.

UNISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. 2009. Disponível em: <www.unisdr.org>. Acesso em 20 fev. 2017.

WIGGERS, M. M. **Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, p. 131, 2013.

SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARI/ANTAS

Francisco Monte Alverne de Sales Sampaio; Luís Eduardo de Souza Robaina

<https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4321>

Resumo: Movimentos de massa (MM) são processos naturais verificados quase que diariamente em diversas partes do mundo, causando perdas econômicas vultosas e, em muitos casos, ceifando vidas humanas. O mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa contribui de forma direta para o planejamento do uso e da ocupação do solo, controle da expansão urbana, avaliação de cenários potenciais de riscos e, ainda, no âmbito regional, auxilia na elaboração de zoneamentos ecológico- econômicos. Desse modo, este trabalho tem por objetivo o mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas (BHRTA), RS. A metodologia consistiu na aplicação do Analytic Hierarchy Process (Processo Analítico Hierárquico) - AHP, que se baseia na estruturação de multicritérios de escolha a partir de uma abordagem hierárquica. Para isso, realizou-se a matriz de comparação pareada e o cruzamento de cinco atributos considerados decisivos para a determinação da suscetibilidade a movimentos de massa na BHRTA: i) Modelo Digital de Elevação (MDE); ii) Declividade; iii) Formas das Encostas; iv) Distância de Rodovias Federais e Estaduais, e v) Rios de Primeira Ordem. A partir da matriz de comparação pareada, definiu-se que a declividade foi o atributo com maior peso no mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na BHRTA (0,35), seguido do atributo forma das vertentes (0,27). O atributo distância dos rios de primeira ordem apresentou uma importância de 0,18 e os atributos distância das rodovias e MDE apresentaram uma importância de 0,10 cada. O cruzamento dos planos de informação mostrou que 23% da área total da bacia apresenta suscetibilidade baixa a movimentos de massa, enquanto a maior parte da área da bacia (49%) apresenta suscetibilidade média a movimentos de massa. As áreas com risco alto foram verificadas em 10% da área da bacia e 18% da BHRTA não apresentou risco. Assim, conclui-se que as áreas com maior suscetibilidade a movimentos de massa na BHRTA localizam-se nas áreas de encostas do alto e médio Taquari-Antas e nos seus afluentes, com destaque para os rios Forqueta e Guaporé.

Palavras-Chave: Movimentos de Massa, Processo de Análise Hierárquica, Geoprocessamento, Rio Taquari-Antas.

SUSCEPTIBILITY TO LANDSLIDES IN THE TAQUARI/ANTAS RIVER BASIN

Abstract: Landslides are natural processes that are verified almost daily in various parts of the world, causing major economic losses and, in many cases, harvesting human lives. The mapping of susceptibility to landslides contributes directly to the planning of land use and occupation, control of urban expansion, evaluation of potential risk scenarios, and also, at the regional level, assists in the elaboration of ecological and economic zoning. Thus, this work has the objective of mapping the areas susceptible to landslides in the Taquari-Antas watershed, RS. The methodology consisted in the application of the Analytic Hierarchy Process - AHP, which is based on the structuring of multicriteria of choice from a hierarchical approach. For this, the paired comparison matrix and the crossing of five attributes considered decisive for the determination of the susceptibility to landslides in the Taquari-Antas watershed were performed: i) Digital Elevation Model (DEM); ii) Slope; iii) Hill forms; iv) Distance from Federal and State Highways, and v) Rivers of First Order. From the paired comparison matrix it was defined that the slope was the attribute with the greatest weight in the mapping of the susceptibility to landslides in the Taquari-Antas watershed (0.35), followed by hill forms (0.27). The distance attribute of the first order rivers presented an importance of 0.18 and the distance attributes of the highways and DEM presented an importance of 0.10 each. The crossing of the information plans showed that 23% of the total area of the basin presents low susceptibility to landslides, while most of the area of the basin (49%) presents medium susceptibility to landslides. Areas with high risk were verified in 10% of the area of the watershed and 18% of Taquari-Antas watershed did not present risk. Thus, it is concluded that the areas with the greatest susceptibility to landslides in the Taquari-Antas watershed are located in the upper and middle slope areas of Taquari-Antas, and also in its tributaries, especially the Forqueta and Guaporé rivers.

Keywords: Landslides, Analytic Hierarchy Process, Geoprocessing, Taquari-Antas River.

INTRODUÇÃO

Movimentos de massa (MM) são processos naturais verificados quase que, diariamente, em diversas partes do mundo, causando perdas econômicas vultosas e, em muitos casos, ceifando vidas humanas (HUANG; ZHAO, 2018). Nas últimas décadas, o número de desastres naturais em várias partes do mundo vem aumentando, consideravelmente, em função do aumento da população, da ocupação desordenada, do intenso processo de urbanização e industrialização (KOBAYAMA et al., 2006; ROBAINA et al., 2010) e da ocorrência de precipitações intensas (PARIZZI et al., 2010), que, em escala regional, podem estar relacionadas com as mudanças climáticas (ALVIOLI et al., 2018).

Conforme os dados da EM-DAT (2018), houve um aumento de 550% no número de desastres naturais relatados no mundo entre 1970 a 2010. Froude e Petley (2018) salientam que apenas entre os anos de 2004 e 2016 ocorreram mais de 4.800 movimentos de massa, com um total de 55.997 mortes registradas. No Brasil, os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED, 2013) mostram que entre 1991 e 2012 houve a ocorrência de 699 movimentos de massa, com aproximadamente cinco milhões e meio de pessoas diretamente afetadas e 535 mortes (CEPED, 2013).

No estado do Rio Grande do Sul, foram registrados seis desastres relacionados a movimentos de massa, caracterizados como deslizamentos de solo e ou rocha. Em relação aos danos causados, foram registradas três mortes e 6.697 afetados de alguma forma por movimentos de massa entre 1991 e 2012 (CEPED, 2013).

Nas últimas décadas, as ferramentas de geoprocessamento têm possibilitado o desenvolvimento de métodos e técnicas capazes de trabalhar com dados complexos, integrar dados de diversas fontes e realizar análises de cunho espacial com a realização de mapas temáticos.

A avaliação e o reconhecimento prévio das suscetibilidades de determinadas áreas à geração e desenvolvimento de fenômenos e processos do meio físico, cuja dinâmica pode ocasionar desastres naturais, são de grande importância aos municípios, contribuindo para o planejamento do uso e ocupação do solo, controle da expansão urbana, avaliação de cenários

potenciais de riscos e, ainda, no âmbito regional, auxiliando na elaboração de zoneamentos ecológico-econômicos (BITAR, 2014).

Um dos principais métodos de avaliação e reconhecimento das áreas de suscetibilidades é por meio das cartas de suscetibilidade, as quais se constituem em documentos cartográficos elaborados em atendimento à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, com vistas à prevenção de desastres naturais, tendo por foco a orientação do ordenamento territorial em municípios sujeitos

a processos do meio físico como deslizamentos, corridas de massa, inundações e enxurradas (BITAR, 2014).

A suscetibilidade a movimentos de massa expressa a probabilidade de um deslizamento de terra ocorrer em uma área com base nas condições locais do terreno (BRABB, 1984). Riffel, Guasselli e Bressani (2016) salientam que o termo suscetibilidade está ligado apenas ao sistema natural, sem levar em consideração a ação antrópica, representando somente a fragilidade do ambiente.

Assim, no âmbito das geociências aplicadas, a definição do termo suscetibilidade pode ser sintetizada como a “predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico” (BRASIL, 2007).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas para o mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa (BRASIL, 2007; FERNANDES et al., 2001; MARCELINO; NUNES; KOBAYAMA, 2006; VANACÔR; ROLIM, 2012), sendo estas utilizadas como a primeira medida preventiva a ser adotada para diminuir os efeitos desses fenômenos nas comunidades onde eles se verificam (BRASIL, 2007).

O mesmo assunto é discutido por Guerra e Jorge (2013) e Morgan (2005), que salientam que diversas metodologias estão sendo desenvolvidas para o mapeamento e identificação das áreas suscetíveis a movimentos de massa. Dentre esses métodos, destacam-se o Shalstab (DIETRICH et al., 1998) e o Analytic Hierarchy Process (AHP) (SAATY, 1987). A aplicação da análise multicritério AHP em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) tem proporcionado inúmeros benefícios para análise de problemas e tomada de decisão no planejamento e gestão de áreas de risco a movimentos de massa (PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2015).

Neste sentido, destacam-se os trabalhos de Vanacôr e Rolim (2012), que aplicaram a análise multicritério AHP para mapear a suscetibilidade a deslizamentos na região nordeste do Rio Grande do Sul; Shahabi e Hashim (2015), que utilizaram o método AHP para mapear áreas de risco a movimentos de massa em ambientes tropicais; Pinto, Passos e Caneparo (2015), que mapearam a suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Jacareí (PR); e Donassollo (2017), que mapeou a suscetibilidade a movimentos de massa em rodovias com o método AHP.

Desse modo, este trabalho tem por objetivo geral realizar um mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Taquari/Antas BHRTA a partir de técnicas de geoprocessamento.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BHRTA situa-se na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 28°10' a 29°57' de latitude Sul e 49°56' a 52°38' de longitude Oeste, integrando a região hidrográfica do Atlântico Sudeste, conforme a classificação da Agência Nacional das Água (ANA). As nascentes estão localizadas no município de São José dos Ausentes, no extremo leste do Planalto dos Campos Gerais. Nas proximidades do município de Bento Gonçalves, o rio das Antas recebe as águas do rio Carreiro e passa a chamar-se rio Taquari. A BHRTA abrange total ou parcialmente 118 municípios e sete Unidades de Conservação, sendo duas administradas pelo estado e as demais pela União (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

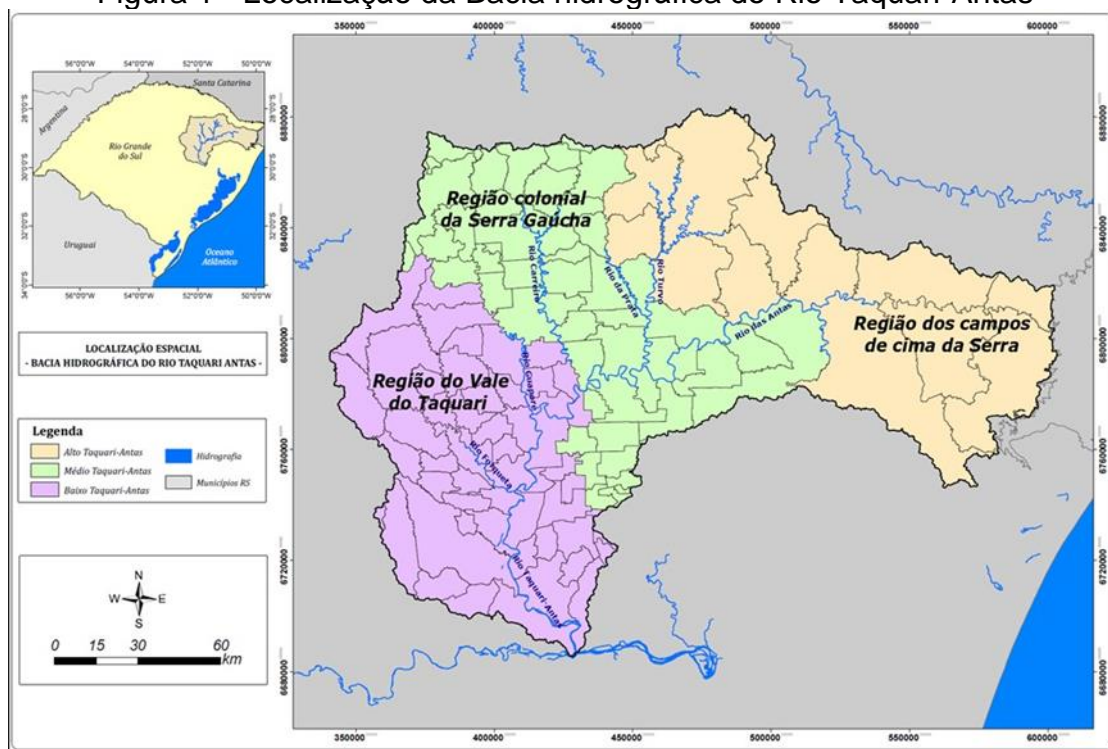
A BHRTA (Figura 1) possui área de 26.491,82 km², com população estimada de 1.207.640 habitantes (SEMA, 2012). De acordo com Gomez, Filho e Passuello (2017), a bacia é dividida em três regiões distintas em função das características topográficas, sendo elas:

- i) Região do Vale do Taquari ou Baixo Taquari-Antas: localizada nas altitudes inferiores da bacia, é formada por 39 municípios e destaca-se por seu potencial para o agronegócio e por sua parcela significativa no setor industrial de alimentos, onde é o responsável por 30% da produção de frangos, 15% da produção de suínos e 9% da produção leiteira estadual.
- ii) Região Colonial da Serra Gaúcha ou Médio Taquari-Antas: localizada nas altitudes intermediárias da bacia, com o predomínio de atividades industriais, principalmente após a

década de 1940. Esta região é responsável por mais de 11% do PIB (Produto Interno Bruto) do estado, e destaca-se nos setores industriais do plástico e borracha, veículos automotores, mobiliário, material elétrico e vestuário, além também da vitivinicultura.

iii) Região dos Campos de Cima da Serra ou Alto Taquari-Antas: é a região de maior altitude da bacia. A principal atividade econômica é a pecuária, favorecida pelas extensas áreas cobertas por campos limpos (campos de cima da Serra).

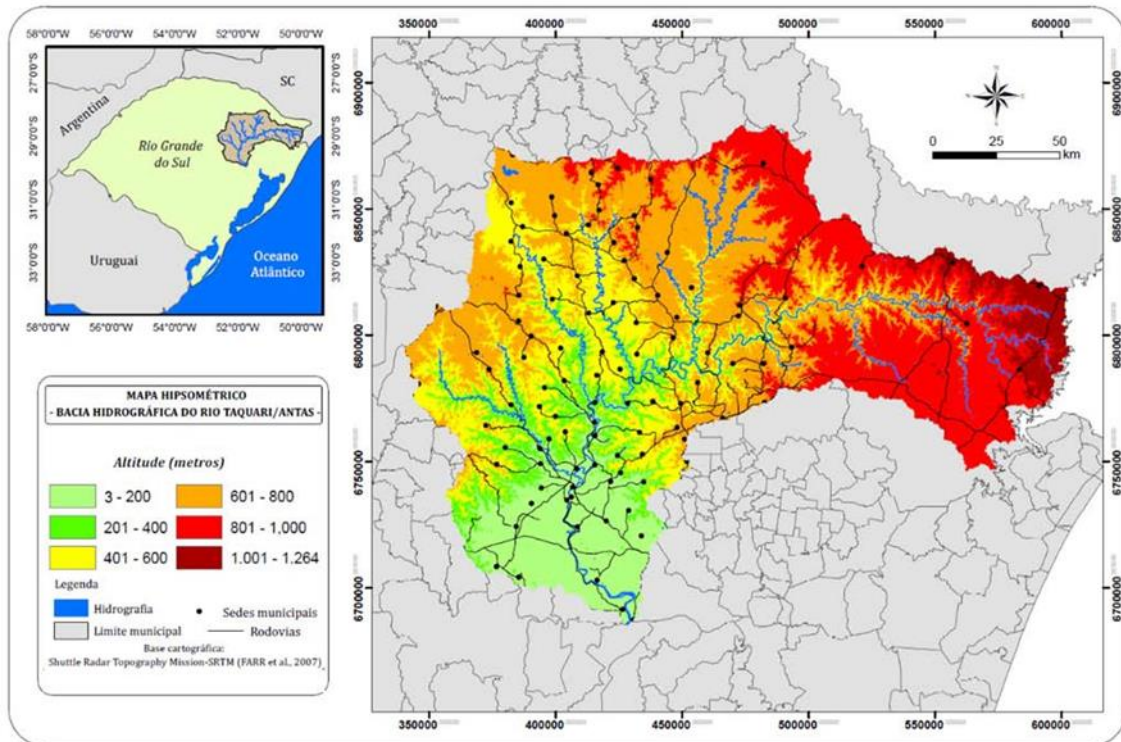
Figura 1 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas



Fonte: Adaptado de Gomez, Filho e Passuello (2017)

A BHRTA apresenta uma amplitude altimétrica de 1.261 metros (Figura 2). Scopel, Teixeira e Binotto (2005) salientam que, nas nascentes do alto Taquari-Antas, as altitudes são de até 1.264 metros, enquanto no baixo Taquari-Antas, as altitudes são de 3 metros. O relevo apresenta formas bastante abruptas, com desníveis médios de 400 metros, possuindo muitos topos de morros angular ou estreito (OLIVEIRA et al., 2013).

Figura 2 - Localização e altimetria da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas.



Fonte: elaborado pelos autores.

A declividade da BHRTA apresenta valores que variam entre 0 e 100%, ou seja, de plano a escarpado (Figura 3). Conforme a FEPAM (2015), o rio Taquari-Antas caracteriza-se por possuir declividade acentuada, com afluentes encaixados e muitas corredeiras, principalmente, nos trechos médio e alto.

Conforme a classificação da EMBRAPA (1979), a maior parte da BHRTA apresenta um relevo variando entre ondulado a fortemente ondulado. As áreas com relevo escarpado são vistas nos vales dos rios Taquari-Antas, Fão e Carreiro. Já às áreas com relevo plano restringem-se às áreas a jusante do rio Taquari-Antas.

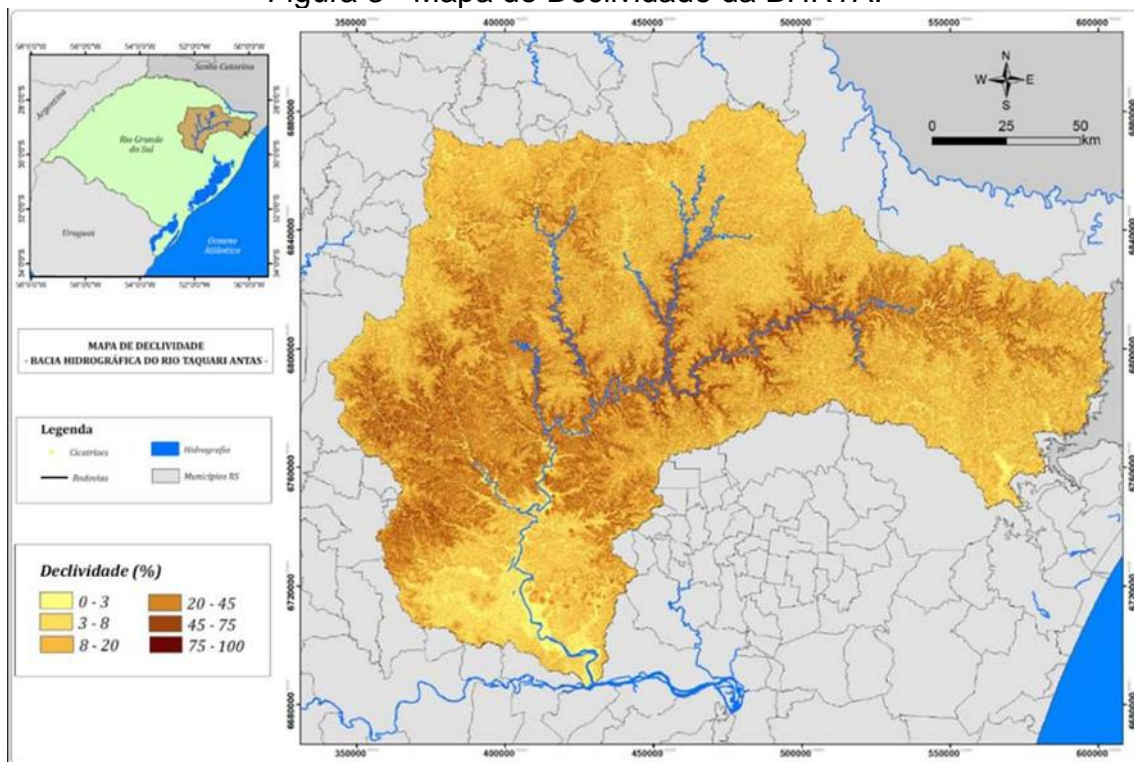
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Aquisição dos dados

Para a realização deste trabalho, optou-se por trabalhar com quatro elementos do terreno: Modelo Digital de Elevação (MDE), Declividade, Formas das Encostas e rios de primeira ordem; e um elemento antrópico: distância das rodovias Estaduais e Federais. O MDE utilizado, neste trabalho, foi o Shuttle

Radar Topography Mission (SRTM) versão GL1 (RODRÍGUEZ; MORRIS; BELZ, 2006), obtido na plataforma Global Data Explorer (<https://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>), disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) em parceria com a National Aeronautics and Space Administration (NASA). O SRTM GL1 foi derivado do SRTM v3.0 e apresenta resolução espacial de 1 arco de segundo (aproximadamente 30 metros) (FARR et al., 2007). O SRTM GL1 foi publicado em 2015 e tem, como principal característica, o preenchimento de falhas, a partir da interpolação com os dados do MDE Aster 30 metros.

Figura 3 - Mapa de Declividade da BHRTA.



Fonte: elaborado pelos autores

As imagens SRTM GL1 estão disponíveis em grades de $1 \times 1^{\circ}$. Para cobrir integralmente a área de estudo foi necessária a obtenção de seis imagens. Após a aquisição das imagens, realizou-se a mosaicagem no software ArcGIS 10.5 e, por conseguinte, a confecção dos mapas de declividade e forma das encostas. O mapa de forma das encostas foi gerado com base nas informações de curvatura vertical e horizontal.

Além dos atributos do terreno, trabalhou-se também com a distância dos rios de primeira ordem. Optou-se por trabalhar com os rios de primeira ordem, pois, eles representam uma estreita faixa fluvial que ocorre em uma parte da paisagem dominada por processos de encostas. A proximidade das encostas (particularmente íngremes) a uma rede de canais de corrente relativamente densa cria uma zona na qual os materiais de encostas podem ser prontamente transferidos para a rede de canais (O'CONNOR; PERRY; MCDAVITT, 2007). Os rios de primeira ordem foram obtidos no site da Secretária Estadual de Meio Ambiente (SEMA), em escala de 1:25.000. Após a aquisição dos dados dos rios de primeira ordem, calculou-se a distância euclidiana, com um buffer de até 300 metros.

O arquivo vetorial contendo as rodovias Federais e Estaduais foi obtido no site do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (<http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>). Após a aquisição do arquivo vetorial, realizou-se o cálculo da distância euclidiana das rodovias, em um buffer de até 2.000 metros.

Mapeamento da suscetibilidade

Para a realização do mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa, utilizou-se o método AHP (SAATY, 1987). O AHP é uma teoria geral de medição, utilizada para derivar escalas de razão de comparações pareadas discretas e contínuas. Essas comparações podem ser obtidas de medições reais ou de uma escala fundamental que reflete a força relativa de experiências e intuições (SAATY, 1987). O benefício do AHP é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e em dados físicos, o AHP permite lidar com aspectos qualitativos e quantitativos em um problema de decisão.

Para esta pesquisa, foram definidos cinco fatores para caracterização das áreas suscetíveis a movimentos de massa:

- i) Modelo Digital de Elevação;
- ii) Declividade;
- iii) Formas das Encostas;
- iv) Rodovias Federais e Estaduais, e
- v) Rios de Primeira Ordem.

Para determinação dos pesos de cada um dos cinco fatores, utilizou-se a lógica da comparação pareada. O AHP é uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério e determina um ranking total das alternativas.

Dentro dos princípios do método, foi montada uma matriz quadrada com base na comparação pareada. Os fatores foram comparados com eles mesmos e cada julgamento representa a dominância de um fator da coluna sobre um fator na linha.

A definição da importância relativa de cada um dos fatores baseou-se na escala fundamental de números absolutos, também conhecida por escala fundamental de Saaty (SAATY, 1991) (Tabela 1). A escala fundamental de Saaty abrange valores de 1 a 9, com 1 significando a mesma importância de um critério em relação ao outro e 9 significando a extrema superioridade na importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários de importância entre os níveis 1 e 9.

Tabela 1 - Escala fundamental de Saaty para definição da importância relativa dos fatores

Intensidade de importância	Definição e explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - evidência que diferencia os fatores é a de maior ordem possível
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: adaptado de Saaty (1991).

A definição dos pesos na escala de Saaty (1991) reflete as respostas de duas perguntas: 1) qual dos dois elementos é mais importante? e 2) com base na escala de 1-9, que intensidade um critério é mais importante que outro?

A relação da importância relativa entre os fatores obtida com a escala fundamental de Saaty foi utilizada como dado de entrada da matriz de comparação pareada, onde foram calculados os valores da matriz. Os pesos são obtidos por meio do autovetor principal da matriz de comparação pareada, Tabela 2.

Tabela 2 - Matriz de comparação pareada dos atributos

Fatores	Dec	Vert	Rod	Rios	MDE
Dec	1/1	1/1	3/1	3/1	9/1
Vert	1/1	1/1	3/1	3/1	3/1
Rod	1/3	1/3	1/1	1/1	2/1
Rios	3/1	1/3	1/1	1/1	1/2
MDE	1/9	1/3	1/2	2/1	1/1

Fonte: elaborado pelos autores

Após a definição dos valores da matriz de comparação pareada, realizou-se o cálculo do peso relativo dos julgamentos com respeito aos fatores (Tabela 3). Os pesos relativos são obtidos por meio da aplicação de um processo de duas etapas. Primeiramente, soma-se cada coluna e, então, divide-se cada julgamento de entrada pela soma respectiva da coluna.

Assim, definiu-se que a declividade foi o fator condicionante com maior influência nos movimentos de massa (0,35), seguido do fator forma das encostas (0,27). O fator distância dos rios de primeira ordem apresentou uma importância de 0,18 e os fatores distância das rodovias e MDE apresentaram uma importância de 0,10 cada.

Tabela 3 – Valores dos pesos dos fatores na matriz de comparação pareada

Fatores	Dec	Vert	Rod	Rios	MDE	Influência
Dec	1	1	3	3	9	0,35
Vert	1	1	3	3	3	0,27
Rod	0,3	0,3	1	1	2	0,10
Rios	3	0,3	1	1	0,5	0,18
MDE	0,1	0,3	0,5	2	1	0,10

Fonte: elaborado pelos autores

Além dos pesos dos fatores, foi possível também o cálculo dos pesos das classes dos fatores, a partir de trabalho de Santos (2015), que realizou um inventário dos movimentos de massas em Marques de Souza, município localizado dentro da BHRTA. Santos (2015) identificou, no médio/baixo curso do Rio Taquari-Antas, 142 cicatrizes de movimentos de massa.

Para isso, inseriu-se no software ArcGIS 10.4 os shapefiles correspondentes aos 142 pontos de cicatrizes inventariadas por Santos (2015). Após inserir os pontos das cicatrizes, extraíram-se os valores de cada um dos cinco fatores analisados: declividade, forma das encostas, distância das rodovias, distância dos rios de primeira ordem e MDE, referentes a cada uma das 142 cicatrizes.

O cálculo dos pesos de cada classe deu-se com base na densidade de deslizamentos ocorridos dentro da área de cada classe em relação à densidade de deslizamentos ocorridos na área inteira mapeada por Santos (2015) (142 cicatrizes), conforme a Equação 1.

$$W_{vnn} = L_{vnn} / L \quad (1)$$

Onde,

W_{vn} é o peso da variável n ;

L_{vn} é o número de ocorrências de deslizamentos envolvendo a variável n ; L é o número de ocorrência de deslizamentos na área.

A Tabela 4 mostra os pesos calculados para cada classe. Após o cálculo dos pesos de cada classe, verificou-se que os valores de declividade entre 45 e 75% apresentam a maior suscetibilidade a MM para esse fator, 0,479.

Para a distância das rodovias, conforme o trabalho de Santos (2015), a distância que apresentou as maiores ocorrências de movimentos de massa foi entre 50 e 100 metros, com um peso final de 0,577. Em relação à distância dos movimentos de massa para os rios de primeira ordem, verificou-se que a grande maioria dos movimentos de massa mapeados por Santos (2015) encontra-se entre 0 e 10 metros do rio de primeira ordem, obtendo um peso de 0,444 para esse fator.

Para o MDE, verificou-se que a maioria das cicatrizes mapeadas por Santos (2015) está localizada entre 400 e 500 metros de altitude. Com isso, essa classe recebeu o maior peso, 0,768, no fator MDE.

Por fim, a forma das encostas em que ocorreu o maior número de cicatrizes foi na classe Convergente/Convexa, com peso de 0,44 para essa classe. Destaca-se também, no fator forma das encostas, a classe Divergente/Convexa, que apresentou um peso de 0,30.

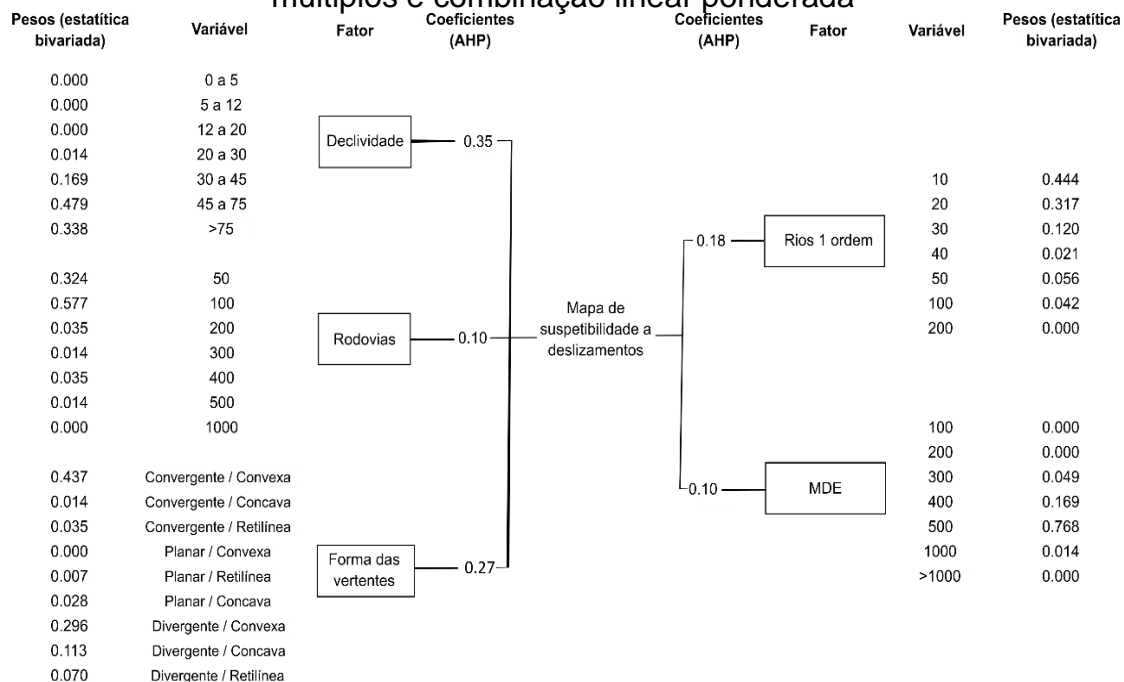
Tabela 4 - Pesos das classes de cada fator para as 142 cicatrizes.

Fator	Classe	Nº ocorrências	Peso
Declividade (%)	0 a 5	0	0,000
	5 a 12	0	0,000
	12 a 20	0	0,000
	20 a 30	2	0,014
	30 a 45	24	0,169
	45 a 75	68	0,479
	>75	48	0,338
Rodovias (metro)	0 a 50	46	0,324
	50 a 100	82	0,577
	100 a 200	5	0,035
	200 a 300	2	0,014
	300 a 400	5	0,035
	400 a 500	2	0,014
	>1000	0	0,000
Rios 1 ordem (metro)	0 a 10	63	0,444
	10 a 20	45	0,317
	20 a 30	17	0,120
	30 a 40	3	0,021
	40 a 50	8	0,056
	50 a 100	6	0,042
	>200	0	0,000
MDE(altitude) (metro)	0 a 100	0	0,000
	100 a 200	0	0,000
	200 a 300	7	0,049
	300 a 400	24	0,169
	400 a 500	109	0,768
	500 a 1000	2	0,014
	>1000	0	0,000
Forma das encostas: curvatura horizontal - vertical	Convergente / Convexa	62	0,44
	Convergente / Côncava	2	0,01
	Convergente / Retilínea	5	0,04
	Planar / Convexa	0	0,00
	Planar / Retilínea	1	0,01
	Planar / Côncava	4	0,03
	Divergente / Convexa	42	0,30
	Divergente / Côncava	16	0,11
	Divergente / Retilínea	10	0,07

Fonte: adaptado de Santos (2015). Elaboração: os autores

A Figura 4 mostra a estruturação dos níveis compostos para avaliação por critérios múltiplos e combinação linear ponderada. Vê-se que o fator que apresentou maior peso foi a declividade (0,35), seguido da forma das encostas (0,27), rios de primeira ordem (0,18), MDE (0,10) e rodovias (0,10).

Figura 4 - Estruturação dos níveis compostos para avaliação por critérios múltiplos e combinação linear ponderada



Fonte: elaborado pelos autores

Após a definição dos pesos dos fatores e das classes, realizou-se, no software ArcGIS 10.4, duas reclassificações para cada fator. Primeiramente, substituiu-se os valores de cada classe para os valores dos pesos calculados anteriormente.

A segunda reclassificação teve por objetivo acrescentar ao raster o valor do risco referente ao coeficiente AHP, variando de 1 a 7, sendo que os valores próximos a 1 representam risco baixo e valores próximos a 7, risco alto (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores dos rasters em relação ao risco

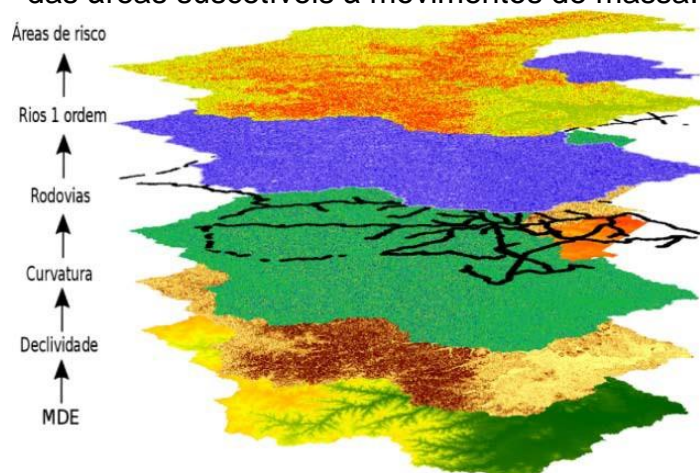
Atributo do terreno	1	2	3	4	5	6	7
Distância dos rios de 1 ordem(m)	0	0,021	0,042	0,056	0,120	0,317	0,444
Distância de rodovias (m)	0	0,014	0,014	0,035	0,035	0,324	0,577
Forma das encostas	0	0,01	0,01	0,03	0,04	0,30	0,44
Declividade (%)	0	0	0	0,014	0,169	0,338	0,479
MDE (m)	0	0	0	0,014	0,049	0,169	0,768

Fonte: elaborado pelos autores

Por fim, realizou-se a sobreposição dos fatores com seus respectivos coeficientes AHP, gerando um mapa de risco com os valores de 1 a 7 (Figura 5).

Definiu-se que os valores entre 1 e 3 apresentariam risco baixo, os valores de 4 a 5, risco médio e de 6 a 7, risco alto.

Figura 5 - Sobreposição dos planos de informação utilizados para mapeamento das áreas suscetíveis à movimentos de massa.

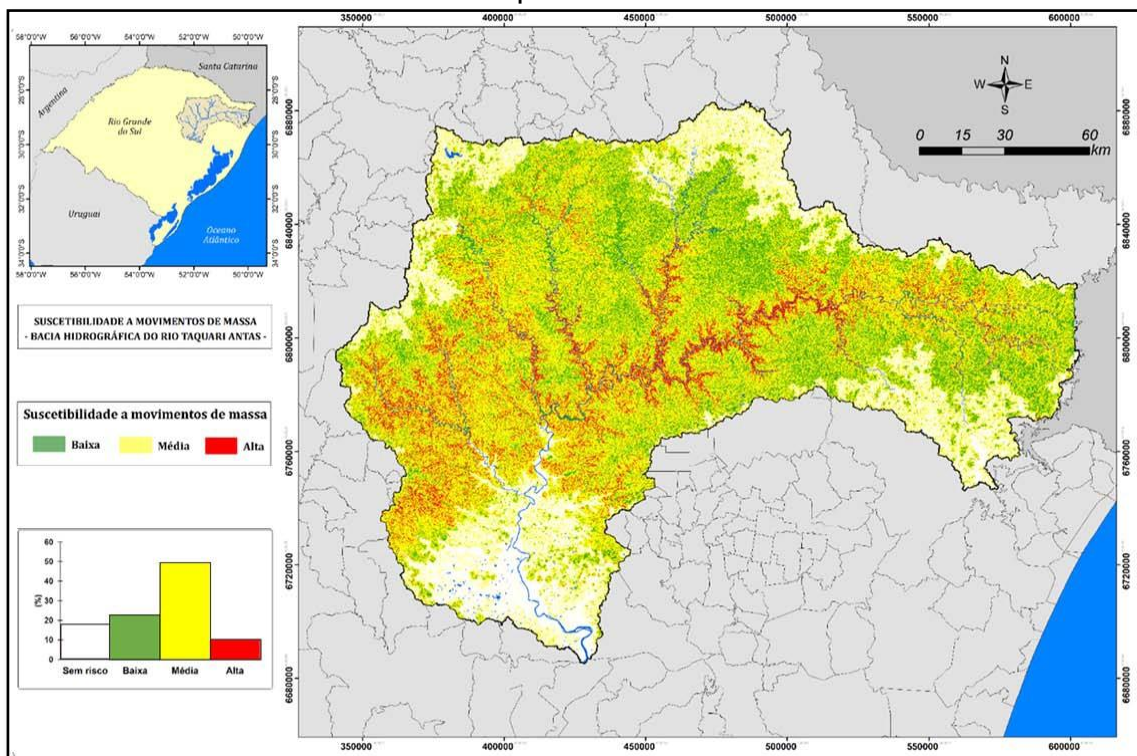


Fonte: elaborado pelos autores

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da sobreposição dos mapas de MDE, declividade, forma das encostas, rodovias federais e estaduais e rios de primeira ordem, com seus respectivos pesos e valores (de 1 a 7), gerou-se o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa (Figura 6). O cruzamento dos planos de informação mostrou que 23% da área total da bacia apresenta suscetibilidade baixa a movimentos de massa. No geral, essas áreas são planas ou com relevo suave, indicando baixa ou muito baixa probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, não oferecendo perigo ao uso e ocupação do solo. Essas áreas apresentam pouquíssimas restrições com relação à realização de corte ou aterro, ou mesmo fundações. Os problemas originados nesses locais provêm de cortes mal dimensionados ou barramentos excessivos, resultando em erosão ou aumento inadequado da declividade do terreno (FLORES, 2018). As áreas com suscetibilidade baixa estão localizadas, principalmente, nos locais com menores declividades, como, por exemplo, a jusante do rio Taquari/Antas.

Figura 6 - Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Taquari/Antas



Fonte: elaborado pelos autores

A maior parte da área da bacia (49%) apresenta suscetibilidade média a movimentos de massa. A suscetibilidade média refere-se a áreas onde as condições do terreno já indicam um grau mediano para a ocorrência de movimentos de massa. Ainda que não se tenha registro de ocorrência deste tipo de fenômeno, a utilização dessas áreas pelo homem deve considerar soluções técnicas e medidas de proteção para evitar possíveis riscos (FLORES, 2018). As áreas com suscetibilidade média localizam-se, em sua maioria, na porção norte da bacia.

As áreas com risco alto foram verificadas em 10% da área da bacia. Em geral, essas áreas são impróprias para atividades humanas, onde os terrenos, de forma natural, são extremamente favoráveis à ocorrência de movimentos de massa. Normalmente, possuem altíssima declividade, onde nem grandes obras de engenharia garantem a eliminação dos riscos. A utilização dessas áreas só é justificada quando se tem a necessidade de implantação de obras de transposição, tais como rodovias, linhas de transmissão, entre outros, e tem-se a necessidade da implantação de medidas de prevenção e mitigação contra riscos e acidentes. Essas áreas localizam-se próximas ao curso médio/alto do

rio Taquari/Antas, em áreas com maiores declividades e com variação de amplitude da elevação.

Ao realizar um estudo sobre a identificação das áreas suscetíveis a fluxos de detritos na BHRTA, Oliveira et al. (2018) verificaram que, na bacia, ocorrem processos hidrológicos extremos e distintos: no vale do Rio Taquari, predominam as inundações, em virtude da grande dimensão da bacia e do elevado tempo de concentração das águas, e, nas bacias menores, referentes aos afluentes do Rio Taquari, predominam os movimentos de massa e as enxurradas, dada a presença de linhas de escarpa erosivas com declividades acentuadas e vales com rios bem encaixados.

A Figura 7 mostra o mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa por regiões da BHRTA. A porção compreendida pelo baixo Taquari-Antas foi a que apresentou maior área classificada como de suscetibilidade alta a MM, >10.000 ha. Essa área é marcada pelo relevo de formas abruptas, entre o baixo e médio Taquari-Antas. Além disso, devido à pouca variação da declividade na parte a jusante do rio Taquari-Antas, a porção do baixo Taquari-Antas apresentou a maior ocorrência de áreas classificadas como sem risco.

Já a área compreendida pelo médio Taquari-Antas apresentou a maior ocorrência de risco médio a movimentos de massa. As áreas classificadas como risco médio foram maiores que 48.000 ha. A mesma situação é verificada na área compreendida pelo Alto Taquari-Antas, onde a classe de risco médio foi também a que apresentou maior área, aproximadamente 44.000 ha.

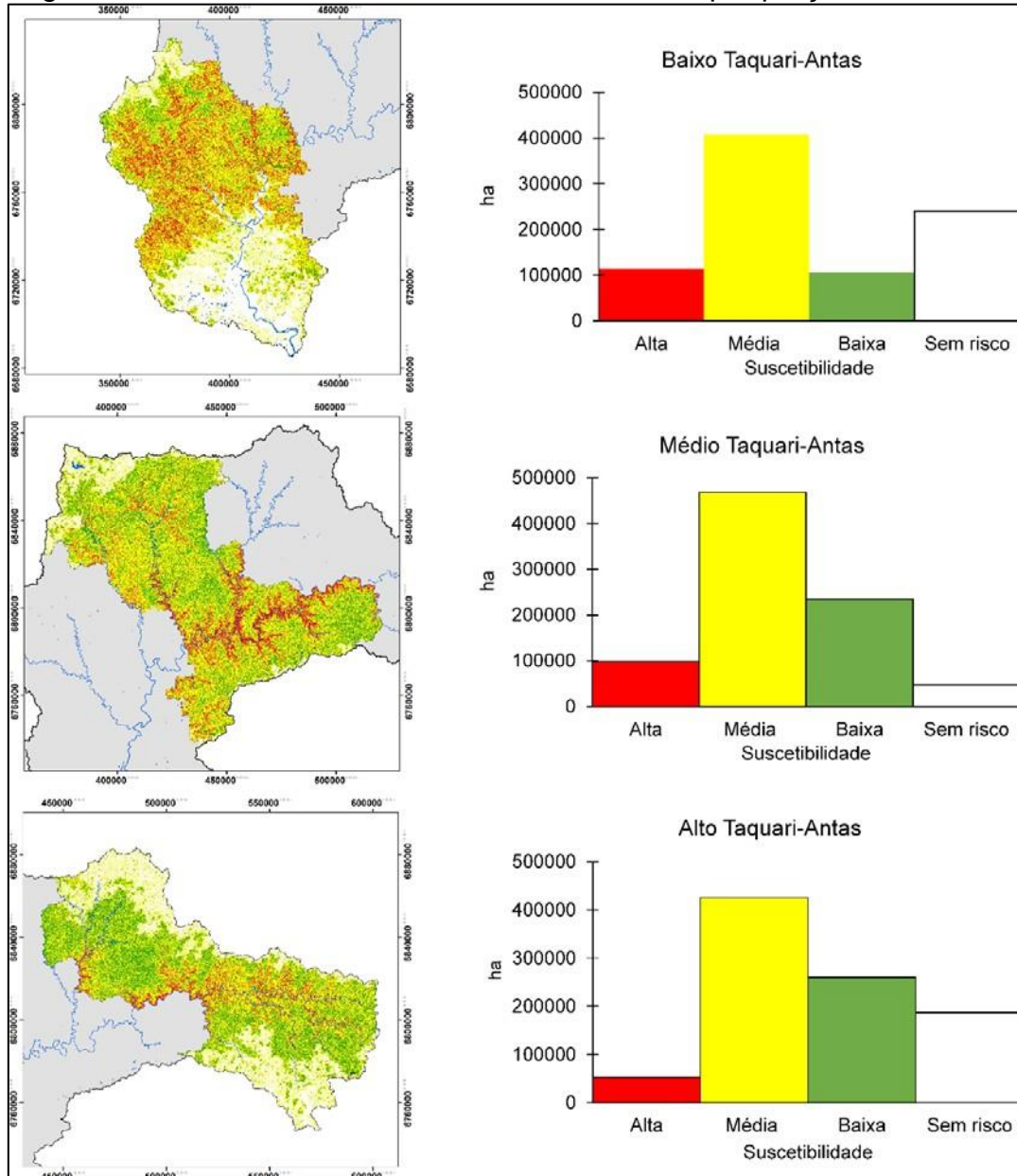
CONCLUSÕES

Tendo em vista os objetivos gerais deste estudo de mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na BHRTA, chegou-se as seguintes conclusões:

O mapeamento das áreas de risco mostrou que 10% da área da BHRTA apresenta suscetibilidade alta a movimentos de massa. Essas áreas concentram-se basicamente próximas ao leito do rio Taquari/Antas e seus afluentes, principalmente o Arroio Jacaré, rio Carreiro, rio Fão e rio Turvo. Recomenda-se a não ocupação desses locais, dada a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa. Caso haja ocupação humana nesses locais, sugere-se um monitoramento constante por parte da Defesa Civil, uma

vez que os movimentos de massa, além de perdas materiais, podem ceifar vidas humanas.

Figura 7 – Suscetibilidade a movimentos de massa por porção da BHRTA.



Fonte: elaborado pelos autores

A maior parte da bacia, 49%, apresenta risco médio a movimentos de massa. As áreas com risco médio podem ou não apresentar movimentos de massa, entretanto, a utilização dessas áreas deve dar-se de modo cauteloso ou com a execução de medidas de prevenção a possíveis riscos. Deve-se manter em constante monitoramento áreas com a presença de cortes e aterros e construções próximas a taludes. Por fim, 23% da área da bacia apresenta baixo

risco à ocorrência de movimentos de massa e 18% não apresenta risco a movimentos de massa.

Além disso, o método AHP mostrou-se altamente recomendável para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa. Neste trabalho, verificou-se que 93,9% das cicatrizes inventariadas por Santos (2015) foram classificadas como de alta suscetibilidade a movimentos de massa pelo método AHP. Em trabalhos futuros, recomenda-se utilizar, além do AHP, outros métodos, como, por exemplo, o mapa de uso e cobertura da terra, precipitação, solos e geologia, de modo a melhorar ainda mais a precisão do mapeamento final.

REFERÊNCIAS

ALVIOLI, M. et al. Implications of climate change on landslide hazard in Central Italy. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 630, p. 1528–1543, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718307150>. Acesso em: 23 mai. 2019.

BITAR, O. Y. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações**. Brasília, 2014.

BRABB, E. Innovative Approaches for Landslide Hazard Evaluation. In: Iv International Symposium on Landslides 1984, Toronto. **Anais...** Toronto, 1984.

BRASIL. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Brasília. 2011. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/acessibilidade-e-programas-urbanos/acoes-e-programas-snapu/prevencao-de-riscos/136-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/prevencao-e-erradicacao-de-riscos/1855-material-basico-para-o-mapeamento-e-gerenciamento-de-areas-de-risc>. Acesso em: 22 mai. 2019.

CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>. Acesso em: 23 mai. 2019.

DIETRICH, W. E. et al. **A validation study of the shallow slope stability model, SHALSTAB, in forested lands of Northern California**. [s.l: s.n.]. 1998. Disponível em: http://www.krisweb.com/krisrussian/krisdb/html/krisweb/biblio/gen_ucb_dietriche_tal_1998_shalsta_b.pdf. Acesso em: 6 mar. 2019.

DONASSOLLO, A. **Movimentos de massa em rodovias utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP). Estudo de caso: Rodovia rs-115 , Taquara – Gramado , RS** . 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em

Engenharia Geotécnica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

EM-DAT. **The international disasters database**. 2018. Disponível em: <https://www.emdat.be/index.php>. Acesso em: 23 maio. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sumula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro. 1979.

FARR, T. G. et al. The Shuttle Radar Topography Mission. **Reviews of Geophysics**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. RG2004, 2007. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1029/2005RG000183>. Acesso em: 11 jun. 2019.

FEPAM. **Rio Taquari-Antas. 2015**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/taquariantas.asp>. Acesso em: 9 maio. 2018.

FERNANDES, N. F. et al. Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 51–71, 2001. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/8>. Acesso em: 17 mai. 2018.

FLORES, T. **Modelagem e análise das áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia do rio Fão, a partir de redes neurais artificiais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2018.

FROUDE, M. J.; PETLEY, D. N. Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 18, n. 8, p. 2161–2181, 2018.

GOMEZ, S. T. R.; FILHO, L. C. P. da S.; PASSUELLO, A. C. Estimativa das cargas de efluentes industriais na bacia hidrográfica Taquari-Antas. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, [s. l.], n. 29, p. 94–117, 2017.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Bertrand, 2013.

HUANG, Y.; ZHAO, L. Review on landslide susceptibility mapping using support vector machines. **Catena**, [s. l.], v. 165, n. March, p. 520–529, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.003>. Acesso em: 9 maio. 2018.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Ed. Organi ed. Curitiba. 2010. Disponível em: http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Livro_Prevencao_de_Desastres_Naturais.pdf. Acesso em: 22 mai. 2019.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. Mapeamento De Risco De Desastres Naturais Do Estado De Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**, [s. l.], v. 7, n. 17, p. 72–84, 2006. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15273/8574>
Acesso em: 22 mai. 2019.

MORGAN, R. P. C. *Erosion and Conservation*. 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

O'CONNOR, M.; PERRY, C.; MCDAVITT, W. **Sediment Yield From First-Order Streams in Managed Redwood Forests: Effects of Recent Harvests and Legacy Management Practices** 1. Delaware. 2007. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/eff1/87289cb3d4f94a5abda7281e19d7ea1b930a.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2019.

OLIVEIRA, G. G. et al. Identificação e análise de áreas suscetíveis a fluxos de detritos na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Pesquisas em Geociências**, [s. l.], v. 45, p. 1–25, 2018.

OLIVEIRA, G. G. et al. Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari- Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos. In: (INPE, Ed.) **ANAIIS XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 2013**, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1404.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

PARIZZI, M. G. et al. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte, MG. **Geografias**, [s. l.], v. 06, n. 2, p. 49–68, 2010.

PINTO, R.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada / Mapping of susceptibility to mass movements using the - DOI 10.5752/P.2318-2962.2015v25n43p116. **Caderno de Geografia**, [s. l.], v. 25, n. 43, p. 116–143, 2015. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/8276>. Acesso em: 22 mai. 2019.

RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A.; BRESSANI, L. A. Desastres associados a movimentos de massa: Uma revisão de literatura. **Bol. Goia. Geogr. (Online)**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 285–306, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/viewFile/42796/21417>. Acesso em: 22 mai. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas**. 2013. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/g040-bacia-hidrografica-do-rio-taquari-antas>. Acesso em: 9 maio. 2018.

ROBAINA, L. E. D. S. et al. Análise espaço-temporal das ocorrências de inundações e movimentos de massa no município de Caxias do Sul , RS. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 159–172, 2010.

RODRÍGUEZ, E.; MORRIS, C. S.; BELZ, J. E. A Global Assessment of the SRTM Performance. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, [s. l.], v. 72, n. 3, p. 249–260, 2006. Disponível em:

<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=0099-1112&volume=72&issue=3&spage=249>. Acesso em: 11 jun. 2019.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, [s. l.], v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738>. Acesso em: 17 mai. 2018. SAATY, T. Método de Análise Hierárquica. Rio de Janeiro: Makron books, 1991.

SANTOS, D. M. **Zoneamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, enxurradas e inundações no município de Marques de Souza, RS**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/51328839.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2019.

SCOPEL, R. M.; TEIXEIRA, E. C.; BINOTTO, R. B. Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas: bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas/RS, Brasil. **Química Nova**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 383–392, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000300004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 14 maio. 2018.

SEMA - **Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas**. 2012. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/g040-bacia-hidrografica-do-rio-taquari-antas>. Acesso em: 14 maio. 2018.

SHAHABI, H.; HASHIM, M. Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 5, p. 1–15, 2015.

VANACÔR, R. R. N.; ROLIM, S. S. B. A. Mapeamento Da Suscetibilidade a Deslizamentos Usando Técnicas De Estatística Bivariada E Sistema De Informações Geográficas Na Região Nordeste Do Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 13, p. 15–28, 2012. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/338>. Acesso em: 22 mai. 2019.

ESTUDO E CADASTRO DE ZONAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA-RS

Rafael Bilhan Freitas; Luis Eduardo de Souza Robaina

DOI: 10.4025/bolgeogr.v37i3.39852

Resumo: A ocupação de áreas naturalmente propensas à ocorrência de eventos adversos, como as inundações, pode provocar impactos negativos para a economia e problemas sociais para a população afetada. Essa é uma problemática do município de Restinga Sêca localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, onde as inundações são recorrentes. O objetivo geral desta pesquisa consistiu na elaboração de um cadastro de imóveis inseridos nas áreas com risco de inundação na área urbana do município. Para atingir esse objetivo, foram realizados estudos sobre o histórico das inundações ocorridas entre 1980 e 2016, bem como levantamentos das áreas de suscetibilidade, cadastramento dos elementos expostos ao perigo de inundação, análise da vulnerabilidade da população afetada e o risco de inundação. Os materiais utilizados nesta pesquisa foram imagens de satélite, cartas topográficas, aparelhos de GPS e a base cadastral do município de Restinga Sêca, com curvas de nível com equidistância de 1 (um) metro. Os resultados indicam que, ao longo da série histórica analisada, foram registrados 14 eventos de inundação. A suscetibilidade mostra que cerca de 10% do perímetro urbano do município encontra-se em área propensa à ocorrência de inundações. As áreas com maior número com imóveis expostos ao risco de inundação estão associadas à inundação da Sanga da Restinga e estão localizadas, principalmente, a sudoeste da área urbana de Restinga Sêca.

Palavras-chave: Cadastro. Áreas de Risco. Inundações.

STUDY AND CADASTRE IN RISK AREAS OF FLOOD AT URBAN ZONE OF THE MUNICIPALITY OF RESTINGA SÊCA-RS

Abstract: Occupying areas naturally prone to adverse events, such as floods, may have negative impacts on the economy and social problems for the affected population. This is a problem of the Municipality of Restinga Sêca located in the central region of the State of Rio Grande do Sul, where the floods are recurrent. The general objective of this research consisted in the elaboration of a cadastre of the properties in the areas with risk of flood in the urban area of the municipality. To achieve this objective, studies were carried out on the flood history between 1980 and 2016, as well as surveys of areas of susceptibility, registration of elements exposed to flood hazard, vulnerability and risk of flood. The methodological procedures involved the bibliographic review of the subject matter, organization of the cartographic base, obtaining information about the study area, inventory of events and registration, definition of areas susceptible to floods, flood hazard analysis, vulnerability study of affected population and determination of flood risk areas. The materials used in this research were satellite images, topographic maps, GPS devices and the registry base of the city of Restinga Sêca, with level curves with 1 meter of equidistance. The results indicate that during the analyzed historical series 14 flood events were recorded. The susceptibility shows that about 10% of the urban perimeter of the municipality are in an area prone to flood occurrence. The areas with the highest number of properties exposed to flood risk are associated with the Sanga da Restinga flood and are located mainly southwest of the urban area of Restinga Sêca.

Keywords: Cadastre. Risk Areas. Floods

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento dos primeiros agrupamentos sociais até a formação das cidades modernas, os processos naturais que ocorrem na superfície terrestre, como as inundações em áreas de planície, movimentos de massa em

áreas declivosas, terremotos em zonas sísmicas, entre outros, têm gerado impactos negativos à sociedade.

A ocupação dessas áreas, em locais com predisposição natural à ocorrência de eventos adversos, aumentou ao longo dos séculos devido à necessidade cada vez maior de desenvolvimento econômico e exploração dos recursos naturais, o que proporcionou a formação de grande parte das cidades do mundo. Como consequência desse processo, ocorreram os adensamentos populacionais e o acúmulo do capital nas cidades, especialmente, com o processo de industrialização, em meados do século XX.

Decorrente desse processo, a relação entre os fenômenos naturais extremos e a ocupação humana resulta no surgimento das chamadas áreas de risco, onde ocorrem, muitas vezes, desastres de grande magnitude, provocando perdas humanas e econômicas.

As áreas de risco, conforme apontam Robaina e Oliveira (2013), devem ser consideradas como elementos historicamente construídos no espaço urbano, ao longo dos seus processos de ocupação, isso dá-se pelo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, que se materializa no espaço.

No Brasil, Marcelino (2007) aponta que o tipo de desastre mais frequente é as inundações, representadas pelas graduais e bruscas, com 59% dos registros, seguidas pelos escorregamentos (14%). A maioria dos desastres no Brasil (mais de 80%) está relacionada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos. Excluindo as inundações graduais, esses fenômenos são súbitos e violentos, responsáveis por grande mortalidade e destruição. Em virtude da velocidade, não há tempo para as pessoas procurarem abrigos ou salvarem parte dos bens existentes em suas casas.

Diante desse quadro, este trabalho consiste em elaborar um cadastro de risco de inundação na área urbana do município de Restinga Sêca. Dentre os objetivos específicos, tem-se: identificar e espacializar as moradias em áreas de risco de inundação; identificar e delimitar as áreas de perigo de inundação; determinar o uso e a ocupação e os condicionantes de vulnerabilidade da população que reside em áreas sujeitas aos processos de inundação,

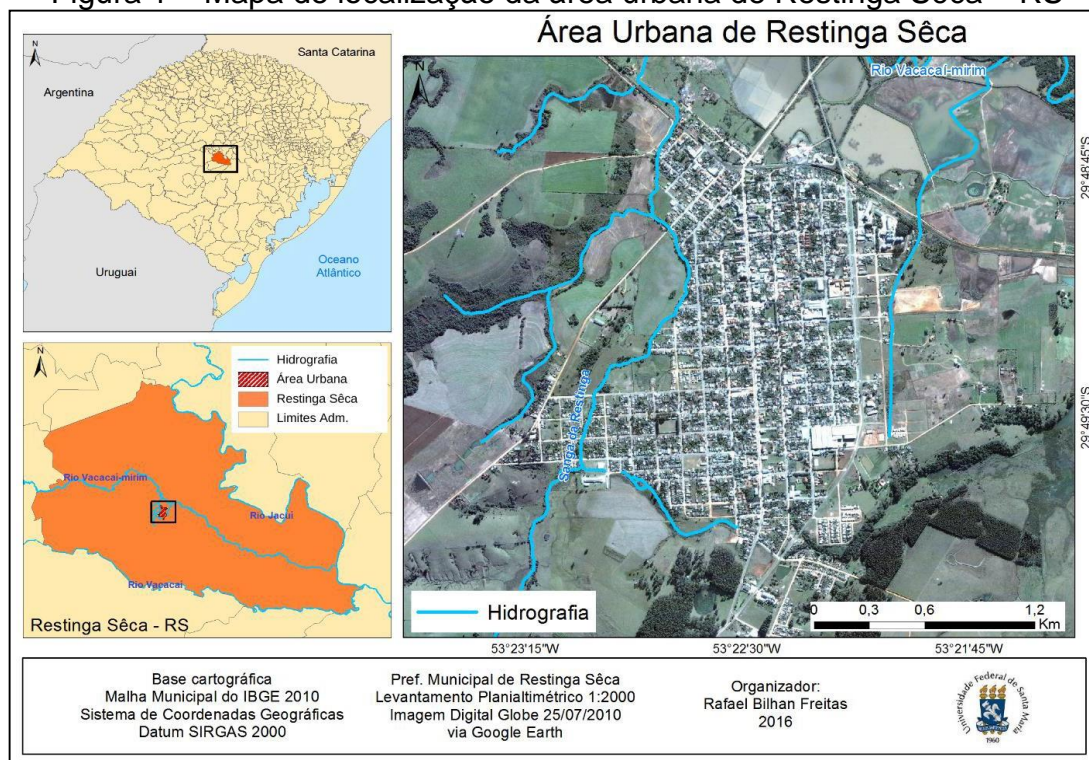
espacializar e sintetizar essas informações e estabelecer zonas homogêneas de risco.

Localização da área de estudo

O município de Restinga Sêca, que está inserido no quadro de municípios afetados por inundações, localiza-se na Depressão Periférica do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) e, de acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em regiões geográficas, pertence à Mesorregião Geográfica Centro Ocidental Rio-Grandense, especificamente, a Microrregião Geográfica de Restinga Sêca (MRGRS), constituída por oito unidades político-administrativas: Ivorá, Nova Palma, Faxinal do Soturno, Dona Francisca, Agudo, Silveira Martins, São João do Polêsine e Formigueiro. De forma geral, a sua população é formada por descendentes de italianos, portugueses, africanos e alemães.

As inundações no município são recorrentes, principalmente, no tributário do rio Vacacaí- Mirim, denominado como Sanga1 da Restinga, que está localizado à oeste da área urbana do município.

Figura 1 – Mapa de localização da área urbana de Restinga Sêca – RS



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, a população equivalia a 15.849 habitantes, com a área urbana localizada na região central do município, próxima à margem direita do Rio Vacacaí-Mirim. A população urbana correspondia a 8.982 habitantes, ou seja, 56,67% da população total do município.

A área urbana do município está localizada entre dois afluentes do rio Vacacaí-mirim, o mais relevante quando se trata das inundações na área urbana do município é a Sanga da Restinga, que está situada na porção oeste da cidade. A origem do núcleo urbano de Restinga Sêca deu-se a partir da estação ferroviária, dessa forma, a área central do município desenvolveu-se nas áreas próximas da referida sanga.

METODOLOGIA

Os dados referentes à ocorrência das inundações nas últimas décadas foram obtidos através de pesquisa documental de uma série histórica que compreende o intervalo de tempo de 1980 a 2016 (36 anos), consultando os levantamentos realizados por Reckziegel (2007), em que são apresentados os eventos ocorridos entre 1980 e 2005. Os dados foram complementados por consultas no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2ID) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, bem como informações obtidas junto à mídia e órgãos públicos locais.

A base cartográfica utilizada para o zoneamento do perigo, vulnerabilidade e mapeamento de risco de inundação provém de uma base cadastral da área urbana do município, disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Restinga Sêca. A escala desse mapeamento é 1:2000 e a equidistância das curvas de nível é de um metro. Essa base cartográfica consiste em oito folhas, que foram escaneadas e montadas como um mosaico, nesse formato, foi georreferenciada e digitalizada em ambiente SIG.

As imagens de satélites DigitalGlobe datadas de março de 2011, disponibilizadas na plataforma Bing Maps da Microsoft, compõem a base cartográfica, tanto para a análise da área urbana do município, quanto para a elaboração do zoneamento de risco. Para os estudos de mapeamentos, foram acrescentados os levantamentos em campo, fazendo o uso de um receptor GPS

(Sistema de Posicionamento Global), para a elaboração do banco de dados georreferenciado das moradias que se encontram em áreas definidas como suscetíveis. Todas as operações de análise e compilação de informações espaciais foram elaboradas no software Arcgis 10, desenvolvido pela ESRI.

Suscetibilidade às inundações

A suscetibilidade às inundações na área urbana de Restinga Sêca teve, como base, o trabalho de Freitas (2014), que mapeou as áreas suscetíveis, a partir da definição do limite das áreas atingidas pela água nos períodos com registro de inundação. Os trabalhos de campo foram realizados seguindo as ruas localizadas na área urbana do município, próximas às drenagens, partindo das áreas à montante da Sanga da Restinga, em direção à jusante. Nas áreas onde as inundações estão associadas ao Rio Vacacaí-mirim foi utilizada a mesma sistemática, assim, seguindo o curso das drenagens em direção à sua foz.

Perigo de inundação

O perigo de inundações foi determinado a partir do cruzamento entre as variáveis: mapa de suscetibilidade às inundações, distância das moradias em relação à drenagem e as cotas altimétricas correspondentes para cada imóvel em diferentes setores do curso hídrico.

A partir da integração dessas informações, foram definidos três diferentes níveis de perigo de inundação em termos de probabilidade espacial:

Baixo grau de perigo – áreas com maior distância da drenagem (maior que 60 metros para a sanga da Restinga e maior que 100 metros para o rio Vacacaí-mirim) e cotas altimétricas de maior elevação, podendo variar de 49 metros no alto curso da sanga até 43 metros na planície do rio.

Médio grau de perigo – áreas com distância de 30 a 60 metros da sanga da Restinga e áreas de 50 a 100 metros de distância do rio Vacacaí-mirim, quanto as cotas altimétricas, podem variar de 48 metros no alto curso da sanga até 42 metros para as inundações associadas ao rio.

Alto grau de perigo – são as áreas mais próximas das drenagens, com distâncias inferiores a 30 metros para a sanga da Restinga e menores de 50 metros para o rio Vacacaí-mirim, quanto às cotas altimétricas, elas podem variar

de 47 metros para o alto curso da sanga e de 41 a 38 metros de altitude para as inundações associadas ao rio.

Vulnerabilidade da população afetada

Para a definição da vulnerabilidade das áreas afetadas por inundação na área urbana de Restinga Sêca, foi considerado, como principal critério, o padrão construtivo das moradias e o tipo de uso. Para a hierarquização das classes de vulnerabilidade, foi considerada também a participação das famílias no cadastro único do governo federal, sendo que essas informações foram disponibilizadas pela Secretaria Municipal de Assistência Social e Habitação do Município.

O Quadro 1 sintetiza as informações acerca das classes de vulnerabilidade da população.

Quadro 1 – Graus de Vulnerabilidade

V1 – Baixo grau de vulnerabilidade	- Bom padrão construtivo, predomínio de casas de alvenaria e ruas pavimentadas. - Sem registro no Cadastro Único.
V2 – Médio grau de vulnerabilidade	- Médio padrão construtivo, predomínio de casas de madeira, mistas ou casas antigas malconservadas, casas de alvenaria inacabadas e alternância de ruas pavimentadas e não pavimentadas. - Sem registro no Cadastro Único.
V3 – Alto grau de vulnerabilidade	- Baixo padrão construtivo, predomínio de moradias pequenas, de madeira ou material alternativo, casa com baixa conservação ou manutenção, ruas sem pavimentação. - Com ou sem registro no Cadastro Único.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O diagnóstico da vulnerabilidade foi validado por meio de trabalhos de campo nas áreas suscetíveis ocupadas; por meio de observação empírica foi analisado o entorno das residências, examinando fatores como calçamento das vias e análise do padrão geral das construções, levando em conta o tipo de material utilizado e o estado de conservação das moradias. A classificação definiu: residenciais de baixo, médio e alto padrão urbano, áreas comerciais, áreas industriais e áreas institucionais.

Quanto à participação das famílias em programas sociais, levou-se em consideração o Decreto Nº 6.135/2007 (BRASIL, 2007a), que dispõe sobre o Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal, que considera famílias de baixa renda, aquelas com renda mensal per capita de até meio salário-mínimo ou com renda familiar mensal de até três salários-mínimos. As

famílias beneficiárias de programas sociais do governo (como o Bolsa Família) foram definidas como aquelas com maior vulnerabilidade socioeconômica.

Avaliação do risco de inundação

A metodologia para o zoneamento de risco de inundação relacionou os levantamentos obtidos de perigo e da vulnerabilidade e teve como resultado a interação entre esses dois elementos. Com o cruzamento dessas informações, ou seja, o mapa de perigo e mapa de vulnerabilidade da área afetada, foi possível realizar a hierarquização dos riscos, levando em consideração que quanto maior forem os graus de perigo e vulnerabilidade, maior serão os riscos de uma área.

Diante desse quadro, para o município de Restinga Sêca, foram estabelecidos três graus de risco, R1 (Risco Baixo), R2 (Risco Médio), R3 (Risco Alto), levando em consideração os graus de perigo e vulnerabilidade, conforme o Quadro 2.

Quadro 1 – Graus de Risco

R1 – Risco baixo	P1 x V1 P1 x V2
R2 – Risco médio	P1 x V3 P2 x V1 P2 x V2 P3 x V1
R3 – Risco alto	P2 x V3 P3 x V2 P3 x V3

Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas determinadas como Risco Baixo (R1), são as áreas onde a distância para o curso d'água é maior (de 60 metros para a sanga da Restinga e 100 metros para o rio Vacacaí-mirim) e a vulnerabilidade é de baixa a média, dessa forma, os danos causados pela inundação são menos significativos ou mais rapidamente recuperados.

As áreas de Risco Médio (R2) são caracterizadas por perigo baixo, mas com alta vulnerabilidade, perigo e vulnerabilidades médios ou uma condição de vulnerabilidade baixa, mas com alta possibilidade de ocorrência de eventos, isso deve-se às moradias estarem próximas às drenagens (de 30 a 60 metros de distância).

As áreas de Risco Alto (R3) são caracterizadas pelo perigo médio ou alto, em função da distância da drenagem, mas ocorrem em áreas muito vulneráveis. Nessas áreas, o padrão construtivo predominante das moradias é o baixo, além disso, o grupo familiar deve constar no Cadastro Único do Governo Federal, neste caso, mesmo moradias de padrão médio serão consideradas como vulnerabilidade alta. Dessa forma, trata-se de uma população mais vulnerável economicamente, o que acaba potencializando os danos causados aos residentes nessas áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inventário das inundações em Restinga Sêca

O levantamento dos dados históricos das inundações ocorridas no município compreende um período de análise de trinta e seis anos, com início no ano de 1980 até o ano de 2016. Foram levantados 14 registros de inundações no período considerado, sendo que, em dois eventos, houve decretação de Situação de Emergência e, em um evento, foi decretado Estado de Calamidade Pública, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Registros de inundações em Restinga Sêca (1980 – 2016)

Ano	Mês	Dia	Observação
1983	Julho	-	Situação de Emergência
1984	Maio	10	Estado de calamidade pública
1993	Novembro	23	-
2009	Novembro	27	-
2010	Janeiro	11	Situação de Emergência
2010	Junho	11	-
2013	Novembro	11	-
2014	Junho	26	-
2014	Setembro	19	-
2014	Outubro	17	-
2015	Outubro	09	-
2016	Outubro	17	-
2016	Outubro	19	-
2016	Outubro	24	-

Fonte: Reckziegel (2007); SNDC (BRASIL, 2007b); Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul (2017); Rádio Integração (2014; 2016a; 2016b).

A partir do inventário, foi possível identificar a ocorrência de problemas associados às inundações em, pelo menos, 24 ruas, ao longo de toda a porção

oeste e norte da área urbana, sendo muito significativo dado às características do município.

A parte oeste da área urbana é drenada pela Sanga da Restinga, um tributário do Rio Vacacaí- mirim, que tem o seu curso drenando o norte da área urbana.

O número de registro de eventos levantados mostra que as inundações no município são recorrentes. Entretanto, observa-se que a maioria dos eventos que ocorre em Restinga Sêca é de baixa e média intensidade, em que o próprio município consegue superar os efeitos do desastre, desde que envolva uma mobilização especial.

Mapeamento das áreas com suscetibilidade à ocorrência de inundações na área urbana de Restinga Sêca

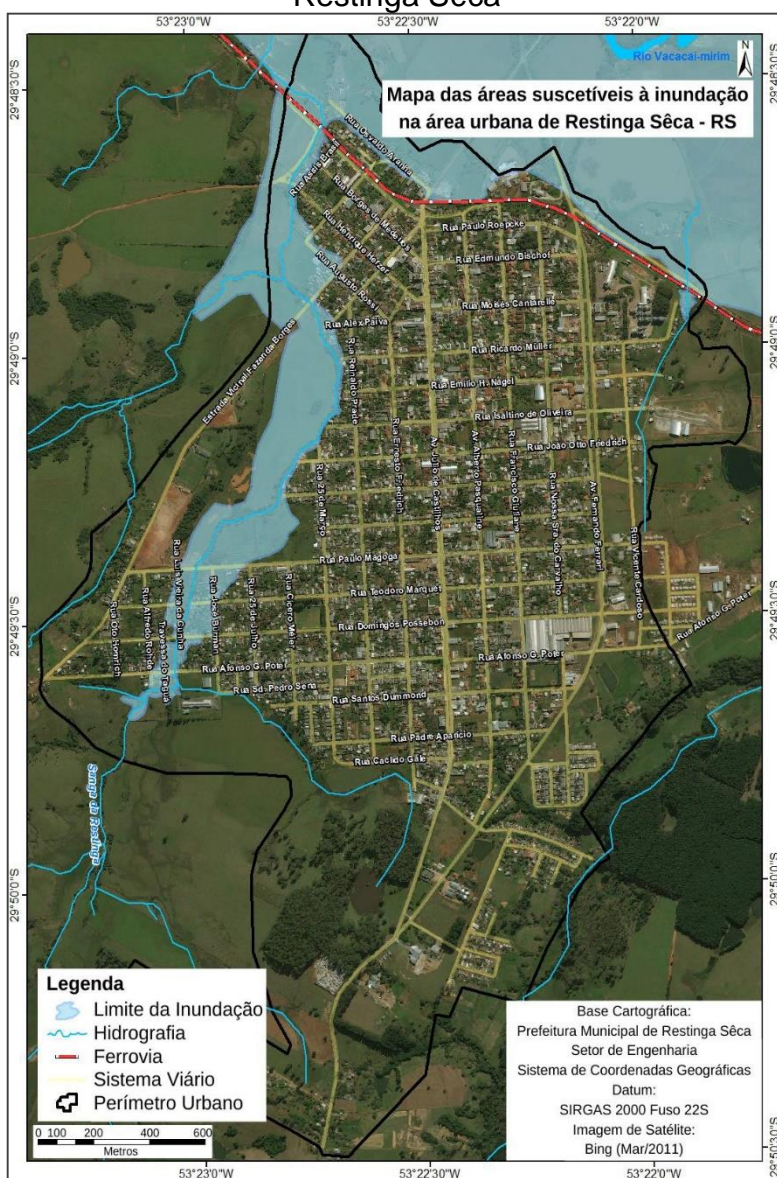
O levantamento das áreas suscetíveis à inundação em Restinga Sêca consistiu em espacializar as áreas, conforme a metodologia proposta e mostrou-se uma etapa fundamental para a análise do risco.

As áreas consideradas como suscetíveis a inundações encontram-se, principalmente, na porção mais a oeste da área urbana, associadas à planície de inundação da Sanga da Restinga (Figura 2), assim como áreas localizadas ao norte da área urbana, associadas à planície de inundação do Rio Vacacaí- mirim.

As inundações do rio Vacacaí-mirim são minimizadas pela presença de um “dique” formado pela ferrovia que passa próximo ao limite norte do perímetro urbano. Dessa forma, as inundações associadas ao Vacacaí-mirim não atingem as áreas que se encontram ao sul da ferrovia, onde ficam o bairro central e a área comercial da cidade. Destaca-se ainda uma pequena área, onde a inundação está associada a um curso hídrico de primeira ordem (sem denominação), localizado a nordeste da zona urbana.

Em termos de área, observa-se, na Tabela 2, que a área afetada por inundação na área urbana do município é 0,57km² e, quando comparado à área total do perímetro urbano, corresponde acerca de 11% da área total do perímetro urbano de Restinga Sêca e está em área considerada como suscetível aos processos de inundação.

Figura 2 – Mapa das áreas suscetíveis à inundação na área urbana de Restinga Sêca



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Total de área suscetível a inundações em relação à área total do perímetro urbano considerado

Área suscetível às inundações no perímetro urbano	Área total do perímetro urbano
572.598,8 m ²	5.254.800,6 m ²
0,57 km ²	5,25 Km ²
10,9%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do mapeamento das áreas suscetíveis a inundações, foi possível identificar as áreas ocupadas inseridas nas zonas sujeitas aos eventos, sendo uma parcela significativa de moradias que estão condicionadas à ocorrência de processos relacionados a inundações.

Mapeamento do perigo de inundação na área urbana de Restinga Sêca

As ocupações, por estarem localizadas em zonas com possibilidade de sofrerem danos, são consideradas como áreas de perigo de inundação e foram hierarquizadas em três classes com diferentes graus de perigo, conforme a metodologia proposta.

Com o levantamento histórico, foi possível verificar as ruas com problemas relacionados aos eventos de inundação. Para a definição das classes de perigo, foram utilizadas, como referência, as Áreas de Preservação Permanente, de acordo com a Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012, que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). As Áreas de Preservação Permanente são locais onde devem ser mantidas todas as florestas e demais formas de vegetação natural, dessa forma, não deveriam ser modificadas para outras formas de ocupação. A manutenção da vegetação natural nesses locais contribui para o controle dos processos erosivos e do assoreamento das drenagens, garantindo, assim, a qualidade dos recursos hídricos e mananciais e proteção da fauna local.

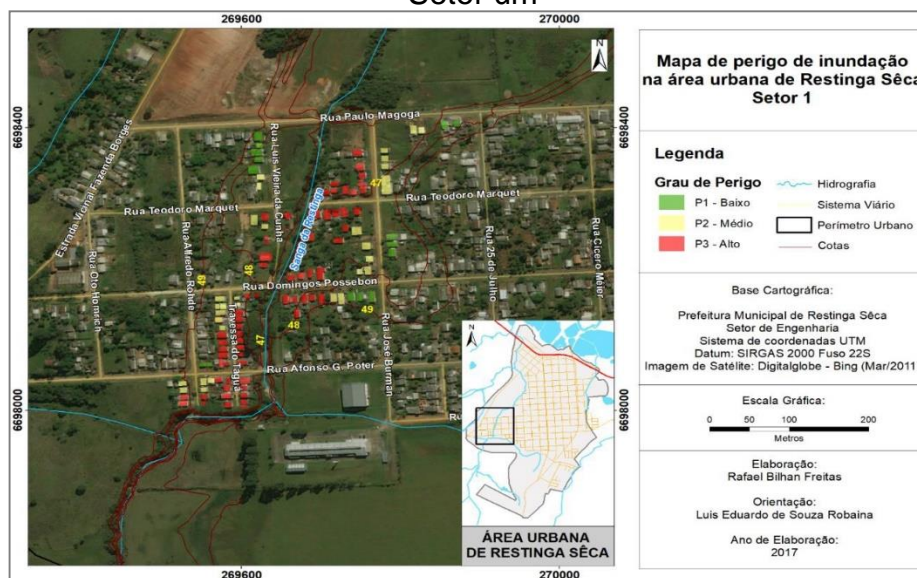
Assim sendo, definiram-se faixas de 30, 60 e maiores que 60 metros de largura ao longo da Sanga da Restinga e faixas de 50, 100 e maiores que 100 metros de largura para o Rio Vacacaí-mirim, relacionando, ainda, com as cotas altimétricas para cada setor mapeado da área urbana (que totalizam quatro). Com a definição dos imóveis em áreas suscetíveis à inundação, foi possível definir quais desses têm probabilidade de ocorrência de eventos, em três classes: Baixo, Médio e Alto grau de perigo de inundação.

Partindo das áreas mais à montante da Sanga da Restinga, tem-se a Figura 3, que representa o mapeamento da porção sudoeste da área urbana, nesse setor, ambas as margens da drenagem estão ocupadas. As vias com problemas relacionados a inundações, nessa área são: Travessa do Taguá, Alfredo Rohde, Afonso G. Potter, Teodoro Marquet, Domingos Possebon, Luis Vieira da Cunha, José Burmann e Paulo Magoga.

Os elementos considerados como perigo baixo (P1) estão mais distantes da drenagem (60 metros ou mais) e encontram-se entre as cotas de 48 e 49 metros. Para a classe de perigo médio (P2), foram considerados os elementos que se encontram a uma distância do curso hídrico, entre 30 e 60 metros e

próximos da cota de 48 metros. Já para a classe de perigo alto (P3), tem-se os elementos mais próximos do curso hídrico (aproximadamente 30 metros), que se encontram abaixo da cota de 47 metros.

Figura 3 – Mapa de Perigo de à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor um



Fonte: Elaborado pelo autor.

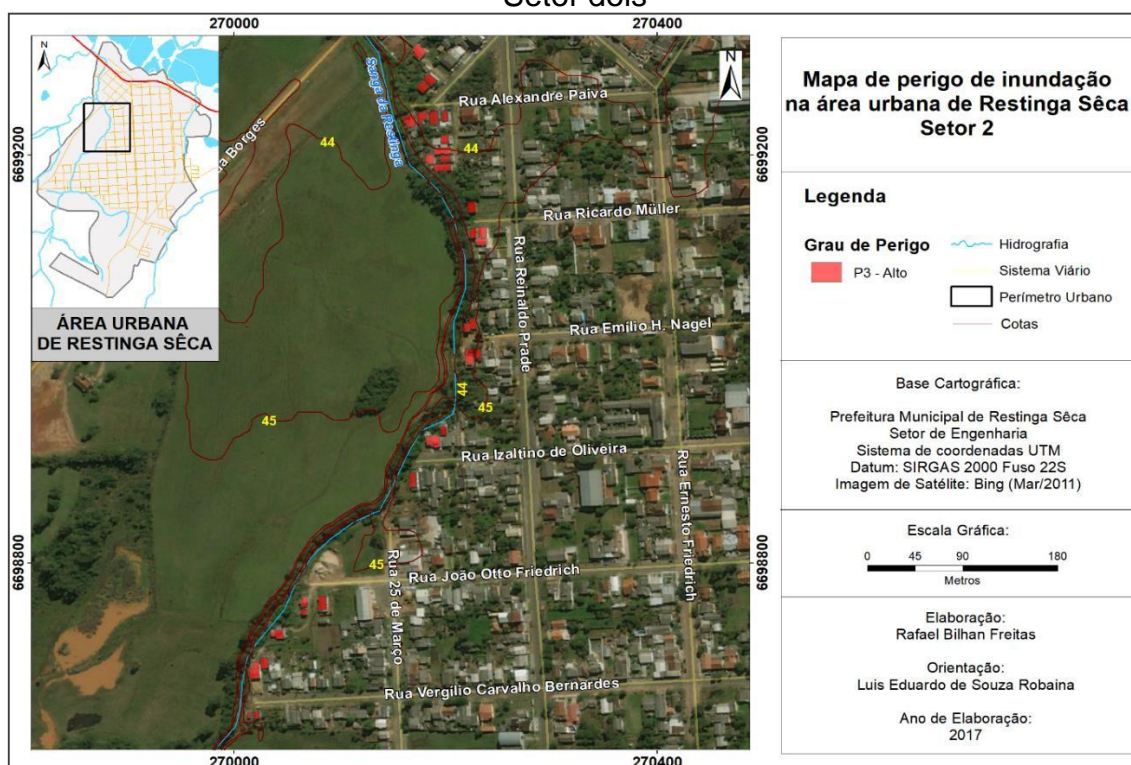
Seguindo o curso do arroio Sanga da Restinga em dire o   jusante, tem-se as áreas localizadas ao centro-oeste da área urbana (Figura 4). Nesse setor, s  há ocupa o na margem direita, sendo que, na margem esquerda, as terras são destinadas   atividade agrícola. As ruas com problemas relacionados a inunda es são: Vergílio Carvalho Bernardes, João Otto Friedrich, Izaltino de Oliveira, Emílio H. Nagel, Ricardo Müller, Alexandre Paiva e José Celestino Alves.

Somente uma classe de perigo aparece nessa área, perigo alto (P3), pois os elementos expostos estão localizados próximos   drenagem (as mais distantes estão a menos de 50 metros) na cota de 44 metros. Nesse local, a margem direita está numa altitude maior (diferença de 1 metro) em rela o   margem esquerda, minimizando o tamanho da área ocupada e que   afetada pela inunda o. Seguindo em dire o   foz, outra área com perigo de inunda o está localizada a noroeste/norte da área urbana (Figura 5). Nesse trecho, a Sanga da Restinga, além de receber um tributário, está próximo a sua foz no Rio Vacacaí-mirim e, dessa forma, a planície de inunda o   mais extensa, com

áreas mais planas. Grande parte das ocupações está na margem direita da sanga e algumas ocupações em trechos da margem esquerda. No rio Vacacaí-mirim somente a margem direita é ocupada. Quanto às vias que apresentam problemas relacionados à inundação, são elas: Cel. Horácio Borges, Augusto Rossi, Henrique Herzer, Assis Brasil, Getúlio Vargas, Osvaldo Aranha e Alexandre Pasqualini.

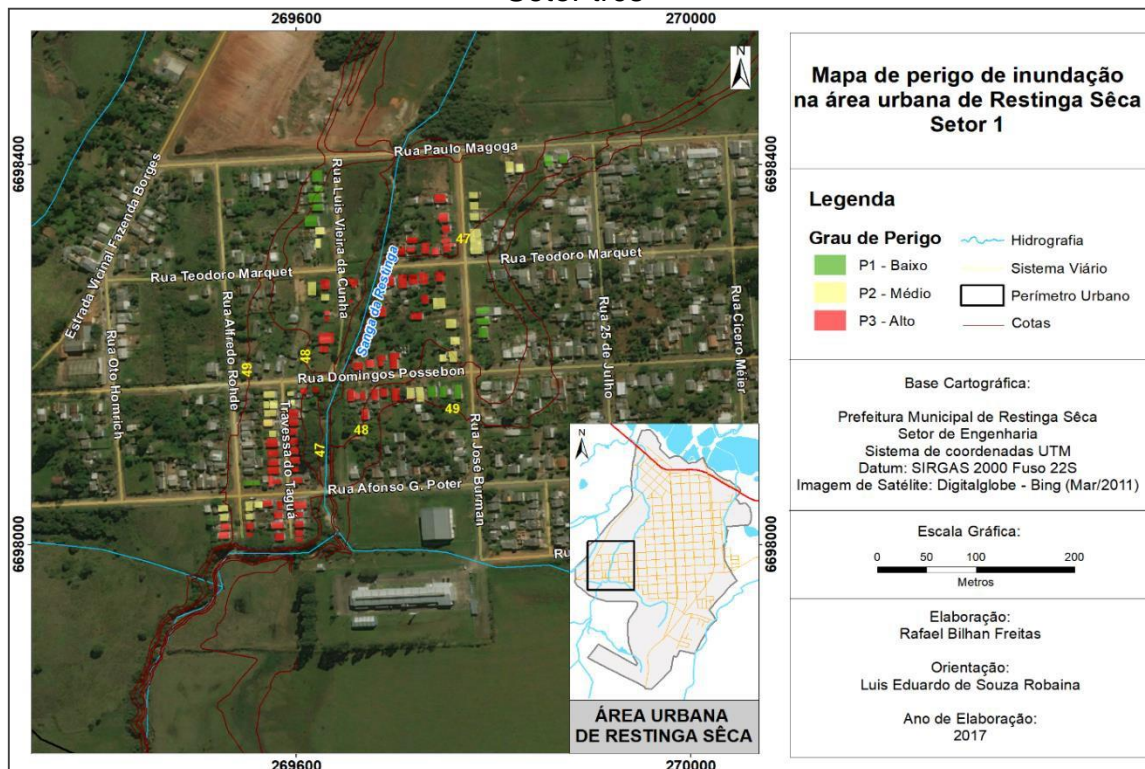
Os elementos considerados como perigo baixo (P1) são os mais distantes das drenagens (mais de 60 metros em relação à sanga e mais de 150 metros em relação ao rio) e as cotas variam de 44 a 45 metros, para a Sanga da Restinga e 42 a 43 metros para o Rio Vacacaí-mirim.

Figura 4 – Mapa de Perigo de à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor dois



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Mapa de Perigo de à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor três



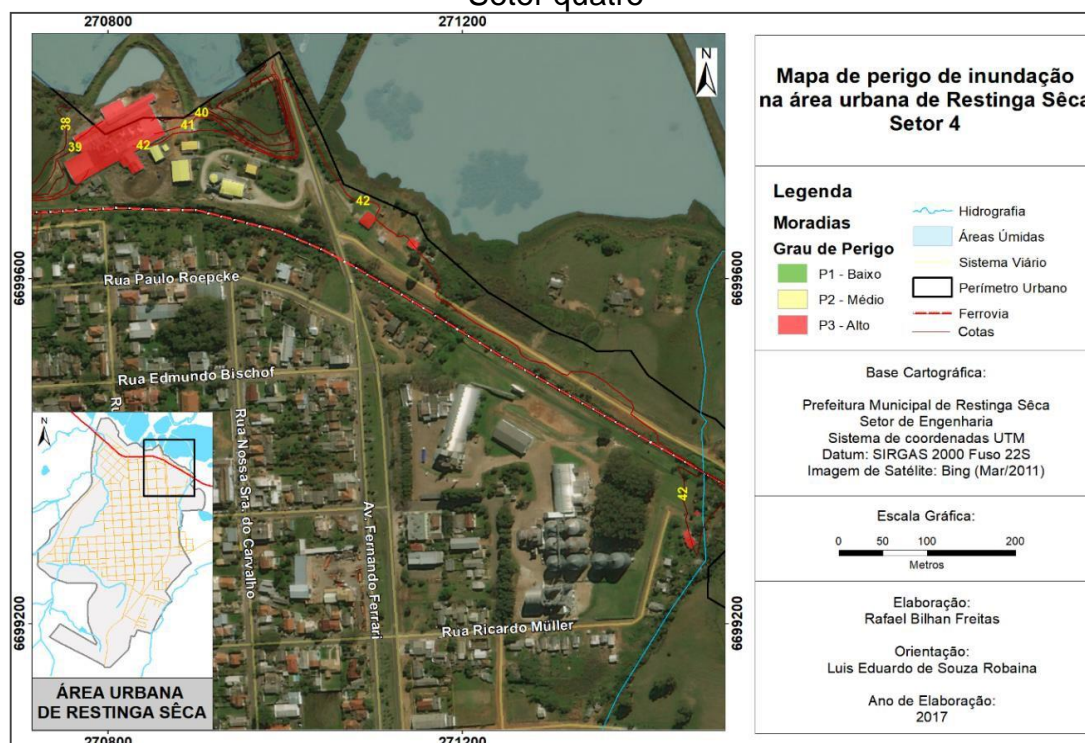
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na classe de perigo médio (P2), os elementos associados   Sanga da Restinga estão em distâncias que variam entre 30 e 60 metros, enquanto para os elementos associados ao rio Vacacaí-mirim, eles variam entre 100 e 150 metros. Em rela o às cotas, tem-se, para a Sanga da Restinga, altitudes entre 43 e 44 metros e, para o rio Vacacaí-mirim, as cotas podem variar entre 40 e 42 metros.

O perigo alto (P3) representa os elementos mais próximos das drenagens, variando entre distâncias menores de 30 até 60 metros (para a Sanga da Restinga) e menores de 50 até 100 metros de distância das áreas úmidas (lavouras de arroz), associadas ao rio Vacacaí-mirim. Em rela o às cotas, elas podem variar de 43 a 44 metros para as áreas associadas   sanga e de 38 a 42 metros, para as áreas associadas ao rio.

Nesse setor, ocorrem somente duas classes de perigo, o perigo médio (P2) e o perigo alto (P3). O perigo médio (P2) consiste em elementos expostos com distâncias em rela o às áreas úmidas da várzea do rio, que variam entre menores que 50 metros e maiores que 100 metros, entre as cotas 41 e 42 metros.

Figura 6 – Mapa de Perigo de à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor quatro



Fonte: Elaborado pelo autor.

O perigo alto (P3), nesse trecho, representa os elementos expostos com distâncias menores de 50 até 100 metros, em relação às áreas úmidas e inferiores a 20 metros para os elementos associados   inundação do tributário de primeira ordem. Quanto às cotas, tem-se 38 a 42 para os elementos relacionados   inundação do rio, e 42 metros para a drenagem de primeira ordem, citada anteriormente.

Mapeamento da vulnerabilidade   inundação na área urbana de Restinga Sêca

Os elementos cadastrados como vulneráveis totalizam 264 imóveis, sendo que, destes, 228 têm uso residencial, 13 têm uso industrial e sete apresentam uso comercial. A Tabela 3 apresenta a síntese das informações referentes ao tipo de uso de cada imóvel cadastrado nas áreas suscetíveis   inundação.

Nas áreas de vulnerabilidade localizadas a sudoeste da área urbana,   montante da Sanga da Restinga (Figura 7), foram cadastrados 116 elementos

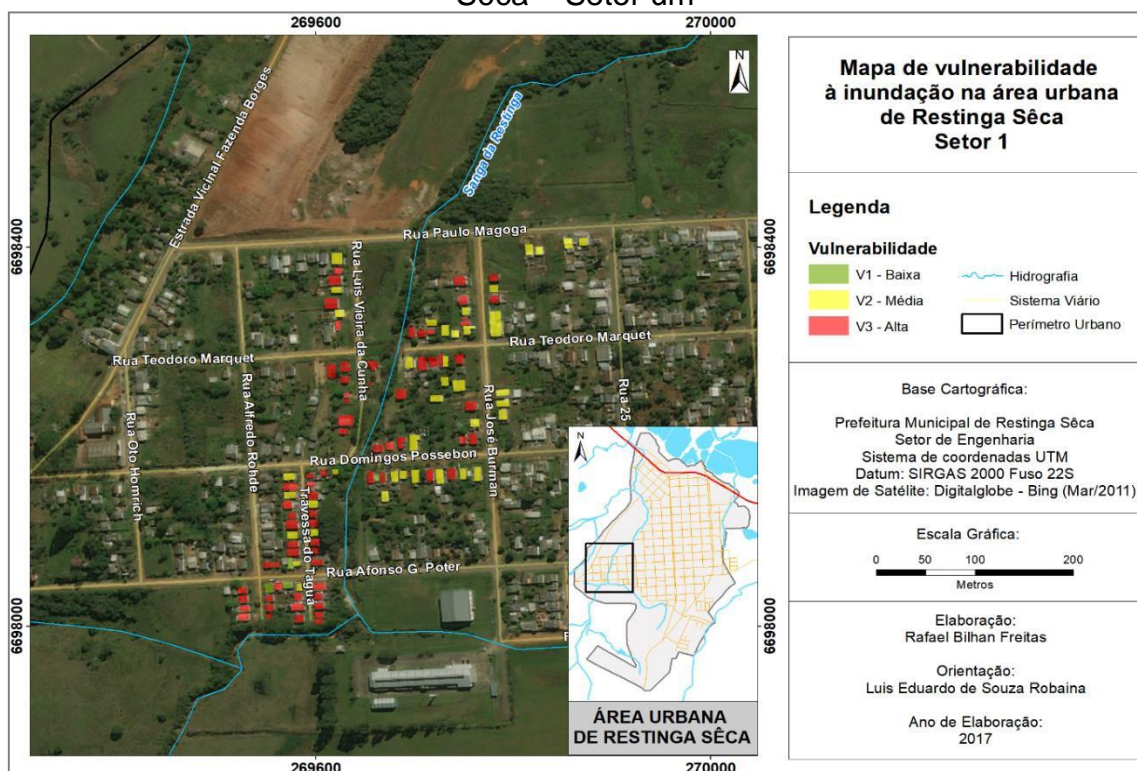
expostos aos eventos de inundação, destes, 109 têm uso residencial, dois possuem uso comercial, dois com uso comunitário, duas garagens e um sem uso específico. As vias dessa porção da área urbana não possuem calçamento, exceto a Rua Paulo Magoga, que possui calçamento de pedras irregulares.

Tabela 3 – Tipos de uso dos elementos vulneráveis à inundação

Uso	Total
Residencial	228
Comercial	07
Industrial	13
Comunitário	02
Institucional	01
Asilo	02
Garagem	05
Outro	06

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Mapa de vulnerabilidade à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor um



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse setor, tem-se a maior concentração de moradias com vulnerabilidade alta (V3), totalizando 73. De modo geral, as moradias são de baixo a médio padrão construtivo, porém, há 35 famílias com registro no

Cadastro Único, o que torna essas famílias parte da classe de alta vulnerabilidade, mesmo em moradias definidas como padrão construtivo médio. A maioria das famílias com Cadastro Único reside na Travessa do Taguá.

As moradias consideradas como vulnerabilidade média (V2) apresentam o padrão construtivo médio, de alvenaria e, geralmente, são imóveis amplos (maiores que 50 m²), totalizando 36 residências nessa classe. Em contrapartida, os elementos considerados como vulnerabilidade baixa (V1) são aqueles com o uso comercial ou comunitário, onde não há moradores.

Seguindo à jusante da Sanga da Restinga, nas áreas localizadas na porção centro-oeste do perímetro urbano, foram cadastrados 30 elementos expostos aos processos de inundação da sanga, sendo 27 com uso residencial e três com outros tipos de uso, como garagens ou sem nenhum tipo de uso aparente.

As vias nesse setor da área urbana possuem calçamento de pedras irregulares, porém, como a maioria das moradias vulneráveis às inundações está localizada no final das ruas, muitas não possuem calçamento em frente ao lote. As ruas onde as moradias possuem calçamento em frente são: Vergílio C. Bernardes, Izaltino de Oliveira, Ricardo Müller, Alexandre Paiva e José Celestino Alves. Nessa área, de forma geral, as moradias consideradas como vulnerabilidade alta (V3) apresentam um baixo padrão construtivo, geralmente de madeira, com má conservação, sem acabamento e com tamanho inferior a 50 m², no total. Foram cadastradas 10 residências nessa classe, sendo que seis famílias aparecem no Cadastro Único.

As moradias consideradas como vulnerabilidade média (V2), nesse setor, apresentam um padrão construtivo médio, geralmente, de alvenaria ou mista, com algum acabamento, além disso, são moradias mais amplas, com mais de 50 m², o número de moradias nessa classe é 16.

Na classe de vulnerabilidade baixa (V1), tem-se apenas uma moradia, de padrão construtivo alto, de alvenaria, com bom acabamento e área maior que 100 m², os demais elementos cadastrados, nessa classe de vulnerabilidade, são garagens ou imóveis sem uso. A Figura 8 apresenta a síntese e a localização das informações apresentadas anteriormente.

Figura 8 – Mapa de vulnerabilidade à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor dois



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro setor que apresenta vulnerabilidade à inundação está localizado a noroeste/norte da cidade. Nessa porção, foram cadastrados 103 imóveis, destes, 85 têm uso residencial, cinco destinam-se a uso industrial, cinco possuem uso comercial, dois imóveis pertencem a um asilo para idosos, um imóvel é de uso institucional, sede do Jornal e Rádio Integração e os cinco restantes têm uso variado, porém sem residentes.

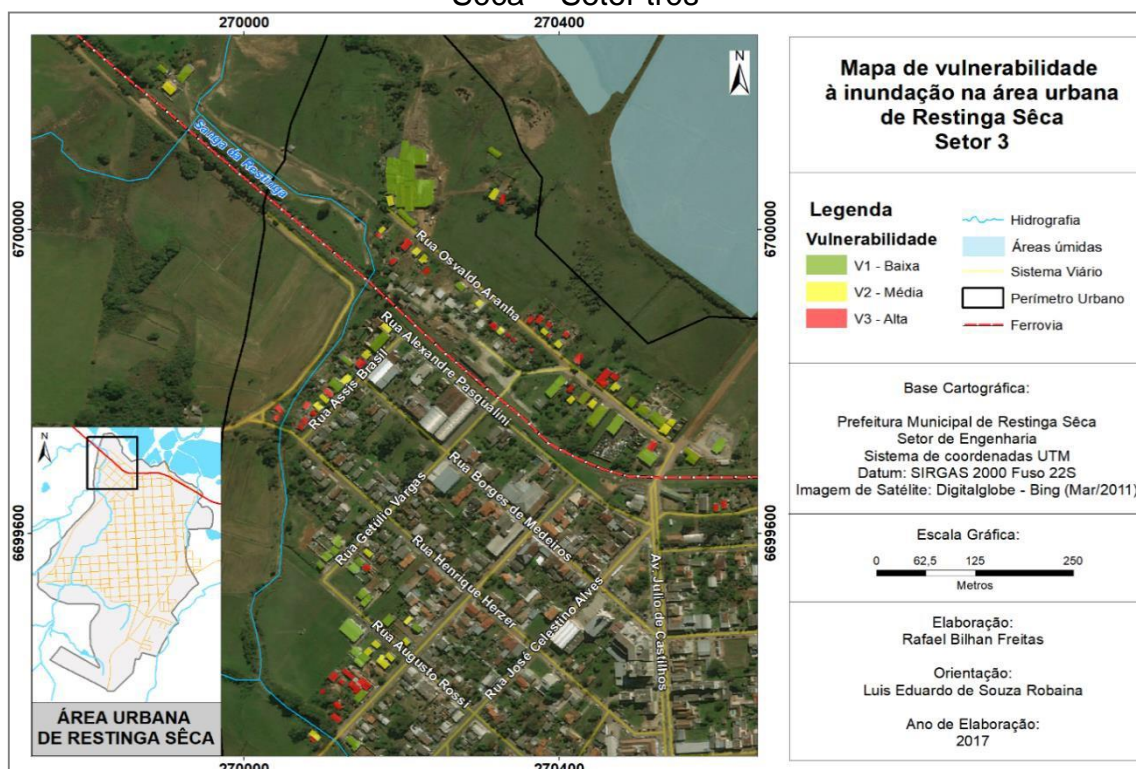
As vias nessa área possuem calçamento de pedras irregulares, exceto na Rua Osvaldo Aranha, nas áreas com vulnerabilidade na margem esquerda da Sanga da Restinga e em uma viela, próxima à sanga, associada à Rua Cel. Horácio Borges.

Nessa porção do perímetro urbano, as residências com alta vulnerabilidade (V3) estão concentradas, principalmente, em uma viela da rua Cel. Horácio Borges, na Rua Assis Brasil e na Rua Osvaldo Aranha. O padrão construtivo pode variar de baixo a médio, com material podendo ser madeira, mista ou alvenaria, sem acabamentos ou em má conservação. Existem, ainda, 11 famílias que aparecem no Cadastro Único, em um total de 38 moradias e dois imóveis que fazem parte de um asilo para idosos.

Os elementos da classe de vulnerabilidade média (V2) estão bem distribuídos espacialmente nessa área e apresentam moradias de padrão construtivo médio, geralmente de alvenaria, com acabamento, com área superior a 50 m², no total foram cadastradas 28 residências nessa classe.

Na classe de baixa vulnerabilidade (V1), foram cadastradas 19 moradias com padrão construtivo alto, geralmente de alvenaria, com bom acabamento e área (geralmente) superior a 100 m², além disso, algumas dessas moradias apresentam algum tipo de medida que visa diminuir os efeitos dos eventos, como muros ou o piso da residência mais elevado em relação ao nível da rua. Outros 17 imóveis nessa classe possuem outros tipos de uso, como industrial, comercial e garagens. A Figura 9 apresenta a espacialização das classes de vulnerabilidade na área.

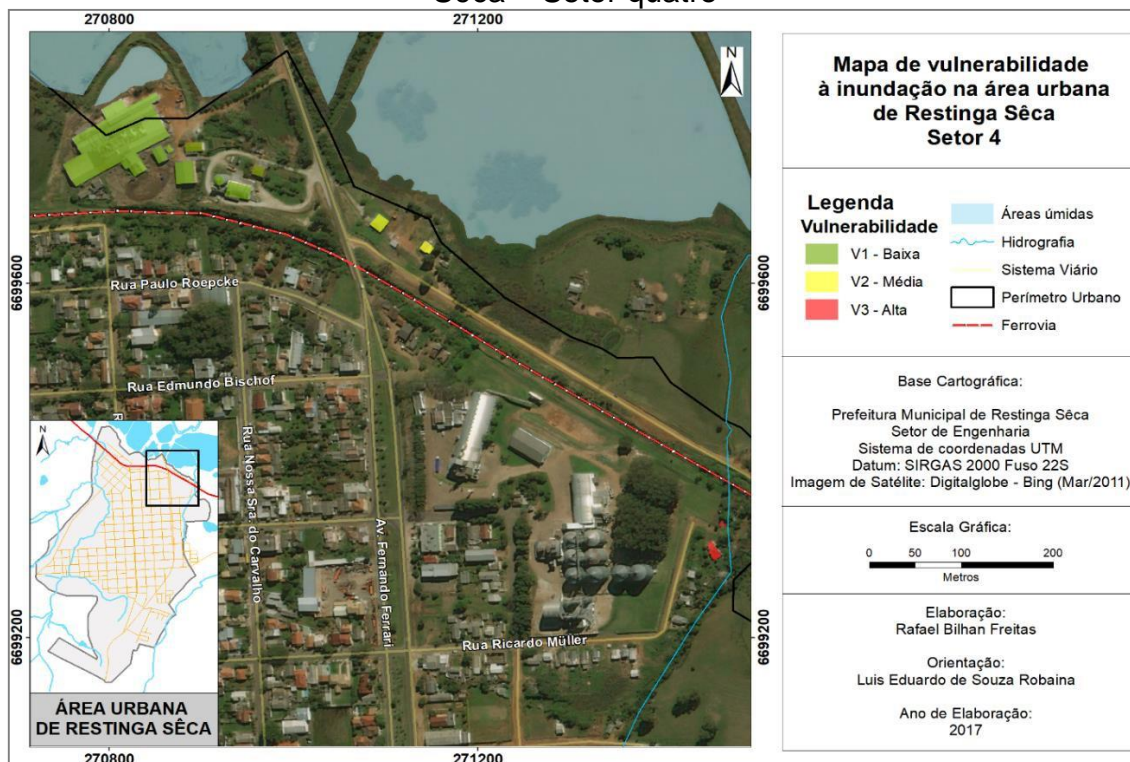
Figura 9 – Mapa de vulnerabilidade à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor três



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao norte/nordeste da área urbana do município, tem-se os últimos elementos cadastrados com vulnerabilidade à inundação. No total, foram cadastrados 15 elementos expostos aos eventos, sendo sete com uso residencial e oito com uso industrial (Figura 10).

Figura 10 – Mapa de vulnerabilidade à inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor quatro



Fonte: Elaborado pelo autor.

A vulnerabilidade alta (V3) está nas áreas associadas a um pequeno córrego de primeira ordem no extremo nordeste do perímetro urbano. Está representado por cinco moradias, com padrão construtivo baixo, de alvenaria ou madeira e sem acabamento ou com má conservação e sem calçamento nas vias.

Na classe de vulnerabilidade média (V2), tem-se duas moradias de padrão construtivo médio, ambas de alvenaria e com acabamento. Em contrapartida, na classe de vulnerabilidade baixa (V1), tem-se imóveis com uso industrial.

Mapeamento de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca

A partir da relação entre as áreas de perigo e vulnerabilidade foram definidas três classes de risco de inundação que ocorrem na área urbana do município de Restinga Sêca: baixo, médio e alto.

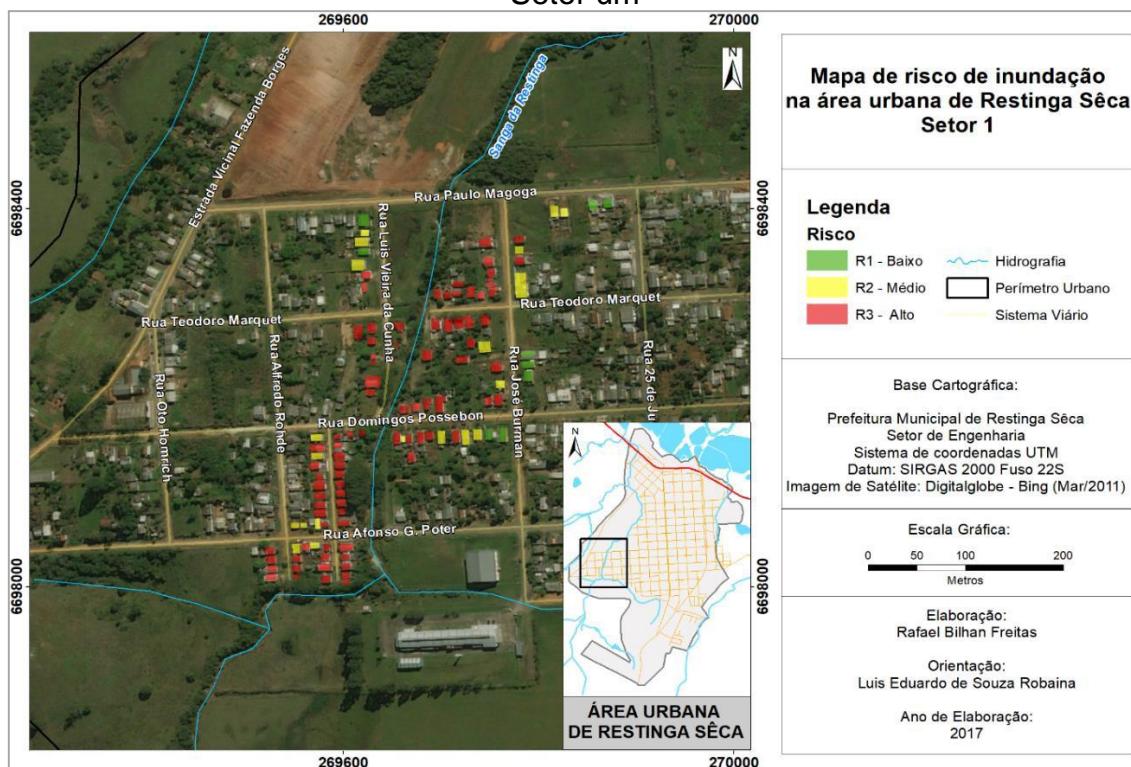
Dessa forma, o risco é uma expressão da relação entre perigo e vulnerabilidade. Ao abordar o risco com a ocorrência de inundações, tem-se o perigo como elemento que representa os condicionantes naturais, embora

ocorra em áreas ocupadas pelo ser humano. Em contrapartida, a vulnerabilidade representa um elemento relacionado ao humano como elemento principal, sendo condicionado por diversos fatores: sociais, econômicos, históricos e políticos sob um cenário formado, geralmente, em um ambiente não favorável à ocupação.

Sendo assim, o risco de inundação passa a ser mais significativo em áreas ocupadas onde se apresenta uma combinação desses condicionantes, o perigo elevado juntamente com a baixa capacidade de enfrentamento da população frente aos eventos e seus danos.

Na porção à sudoeste da área urbana (Figura 11), dos 116 imóveis cadastrados, tem-se 86 na classe de risco alto (R3), sendo 83 moradias, esse número elevado de moradias na classe pode ser explicado pelo fato dessa área ser, também, aquela com maior número de famílias com alta vulnerabilidade. Além disso, imóveis onde a vulnerabilidade é média foram classificados como risco alto, devido à proximidade deles com a drenagem e com a cota que definem o perigo alto.

Figura 11 – Mapa de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor um



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse setor, a ocupação é mais recente no perímetro urbano, surgindo entre a década de 80 e 90, como foi discutido anteriormente, a ocupação ocorreu nas duas margens da Sanga da Restinga.

A classe de risco médio (R2) apresenta 21 imóveis, sendo que, destes, 17 são moradias, tem-se moradias com perigo baixo e vulnerabilidade média ou alta e perigo médio a alto com vulnerabilidade baixa.

Na classe de risco baixo (R1), são nove moradias, todas com perigo baixo e vulnerabilidade média. A Figura 11 apresenta as áreas de risco de inundação nessa porção da área urbana.

No setor localizado no centro-oeste da área urbana (Figura 12), dos 30 imóveis cadastrados sujeitos à inundação, 27 são de uso residencial e apenas duas classes de risco aparecem nessas ruas.

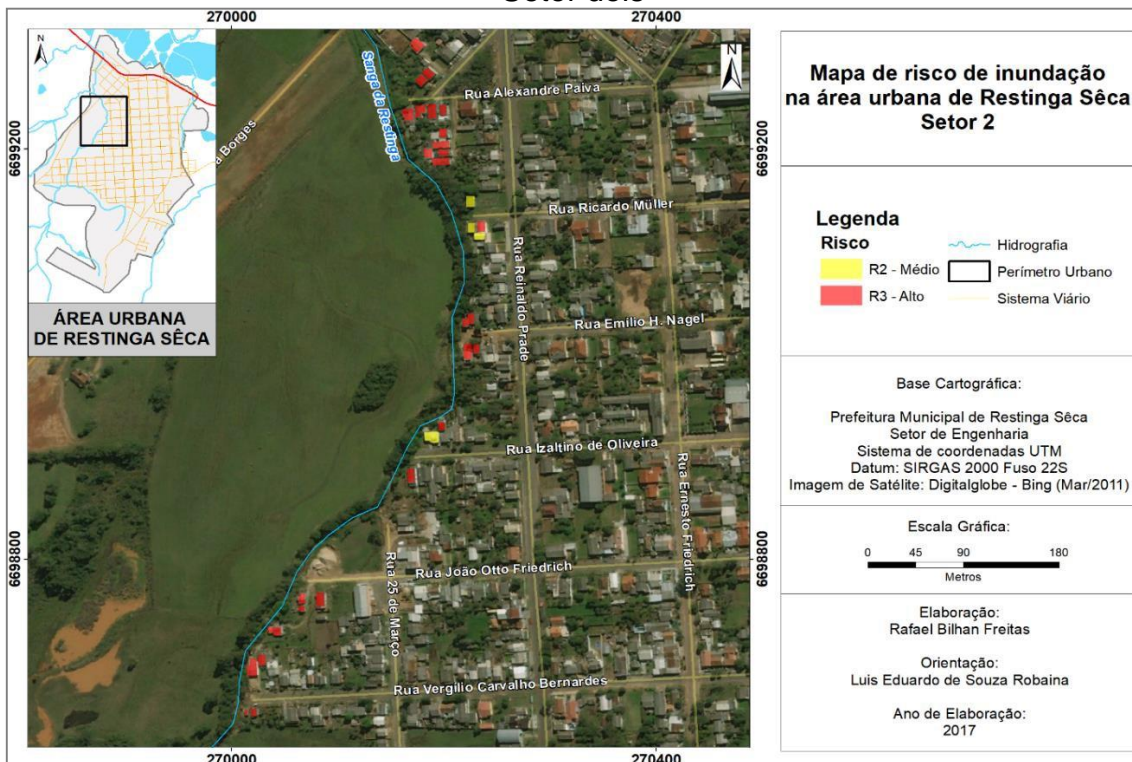
Na classe de risco alto (R3), estão as residências que variam de vulnerabilidade média a alta e próximas a rede de drenagem. A única moradia na classe de risco médio (R2) localiza-se na Rua Izaltino de Oliveira, tendo padrão construtivo alto, ou seja, possui a vulnerabilidade baixa, apesar de o perigo ser alto, os demais elementos nessa classe são imóveis onde não há residentes, como garagens ou imóveis fechados.

Nesse setor, tem-se uma área de expansão urbana, sendo que, nas ruas João Otto Friedrich e Vergílio Carvalho Bernardes, houve um avanço em direção à margem direita da Sanga da Restinga, durante as décadas de 80 e 90. A Figura 12 representa a espacialização das informações descritas anteriormente.

Outra área com risco de inundação está localizada a noroeste/norte da área urbana (Figura 13) e consiste em áreas onde ocorre a confluência da Sanga da Restinga com o Rio Vacacaí-mirim. A maioria das moradias é afetada pela inundação associada à Sanga da Restinga, exceto na Rua Osvaldo Aranha, onde a inundação está associada à planície de inundação do Rio Vacacaí-mirim. Isso se deve ao fato da presença de uma espécie de dique, formado pela ferrovia presente nessa área, com o seu curso em sentido SE-NO.

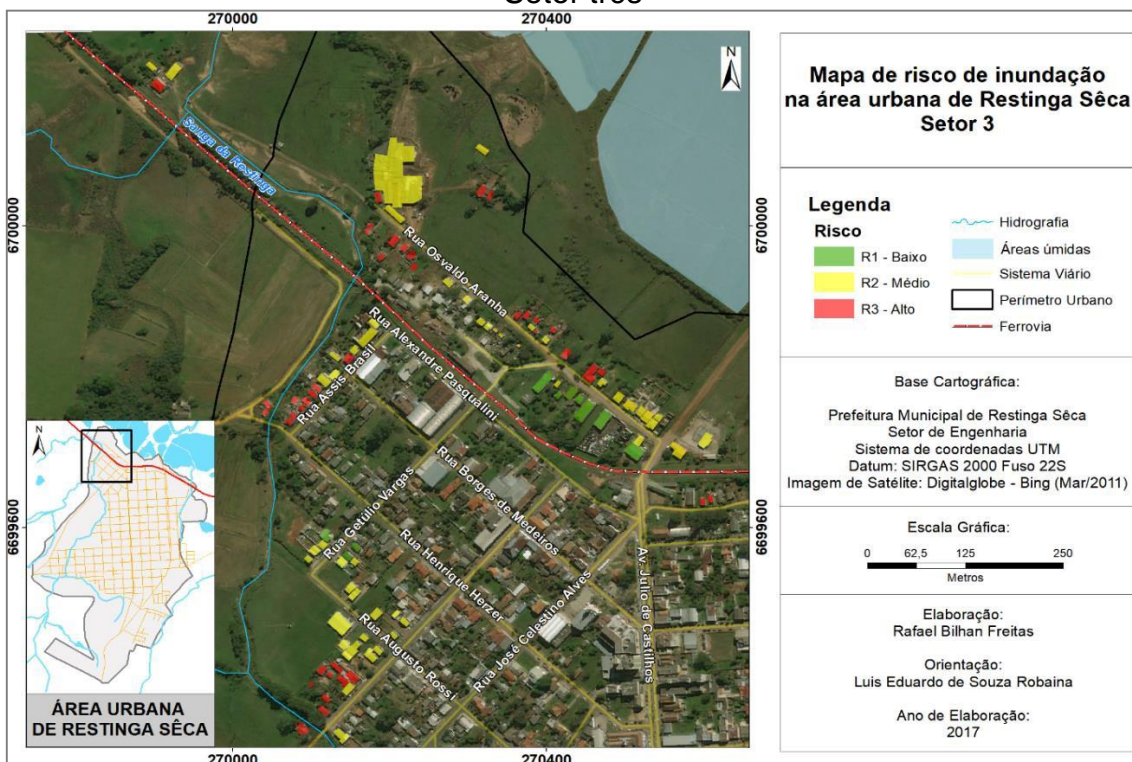
A expansão urbana, ocorrida em meados das décadas de 80 e 90, está fortemente relacionada com as áreas de risco nessa porção do perímetro urbano, notando-se que, nas ruas Cel. Horácio Borges, Augusto Rossi, Getúlio Vargas, Henrique Herzer e Assis Brasil, houve um avanço em direção à margem direita da Sanga da Restinga.

Figura 12 – Mapa de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor dois



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Mapa de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor três



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os imóveis considerados como risco alto (R3) somam 40 moradias mais dois imóveis pertencentes a um asilo para idosos (que fica na Rua Osvaldo Aranha). As áreas com risco alto concentram-se nas ruas Cel. Horácio Borges, Assis Brasil e Osvaldo Aranha. Pode-se afirmar que as moradias com risco alto consistem em moradias com vulnerabilidade alta e perigo médio, ou vulnerabilidade média e perigo alto.

Na classe de risco médio (R2), tem-se 51 imóveis, sendo 39 moradias no total, bem distribuídas espacialmente nessa porção, podendo ser moradias com perigo que varia de baixo a alto, da mesma forma que a vulnerabilidade pode variar de baixa a alta. Tem-se ainda 12 imóveis com uso variado, que pode ser industrial, comercial, institucional (rádio), entre outros.

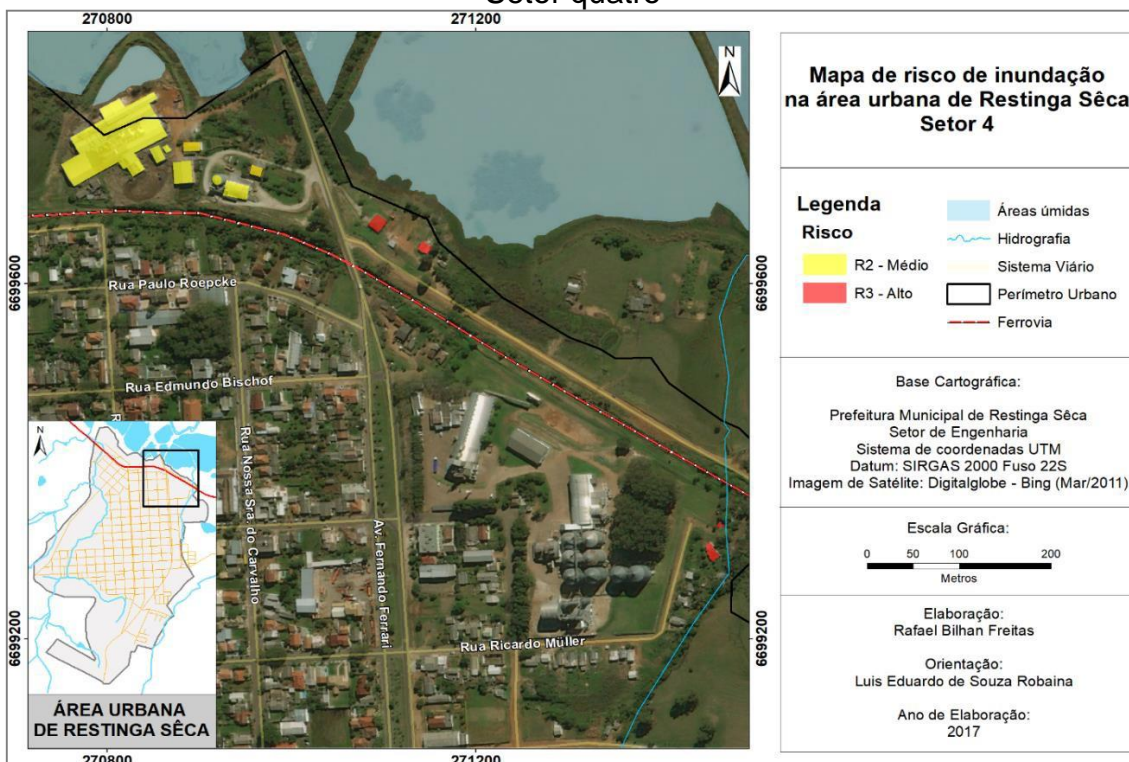
A classe de risco baixo (R1) nesse setor tem seis moradias, com vulnerabilidade que varia de média a baixa e com perigo baixo. Outros quatro imóveis são de uso industrial (3) e comercial (1), com vulnerabilidade baixa e perigo baixo. A síntese das informações acerca do risco para essa área pode ser observada na Figura 13.

A última área identificada em risco de inundação fica ao norte/nordeste da área urbana (Figura 14). Assim como nas áreas descritas anteriormente, nesse setor, as áreas com risco também estão associadas ao crescimento da área urbana, que ocorreu nas décadas de 80 e 90 em praticamente todas as direções. Nessa área, foram cadastrados 15 imóveis com risco de inundação, destes, ocorrem sete com uso residencial e oito com uso industrial.

Somente duas classes de risco aparecem nessa área: alta e média. Para a classe de risco alto (R3), tem-se as sete moradias, sendo cinco relacionadas à inundação de uma drenagem de primeira ordem, afluente da margem direita do Rio Vacacaí-mirim e outras duas moradias associadas à inundação da margem direita do rio Vacacaí-mirim. As moradias apresentam vulnerabilidade que varia de média a alta e apresentam perigo alto.

Na classe de risco médio (R2), estão os imóveis com uso industrial, onde a vulnerabilidade é baixa, mas o perigo é médio. A Figura 14 apresenta a síntese e a espacialização das informações apresentadas anteriormente.

Figura 14 – Mapa de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca – Setor quatro



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise das áreas de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca, ficam evidentes os prejuízos de ordem social e econômica para o município e, sobretudo, para a população afetada pelos processos. Esses eventos demandam aos órgãos competentes a adoção de medidas que visem à mitigação aos prejuízos e perdas que eles ocasionam.

A partir do conhecimento das áreas de risco, existe a necessidade do desenvolvimento de estratégias para o gerenciamento das áreas onde há o risco consolidado, destacando-se ações que visem à prevenção e à diminuição da vulnerabilidade da população afetada, bem como o acompanhamento das áreas mapeadas.

As áreas de risco de inundação, conforme identificadas e hierarquizadas, permitiram estabelecer que muitos problemas demandam a adoção de medidas não estruturais, tais como medidas preventivas no sentido de evitar o adensamento da ocupação nessas áreas e a conscientização da população sobre o descarte de resíduos sólidos nas drenagens.

Existe necessidade de uma análise, considerando as áreas de risco, para implantação de medidas estruturais como o reflorestamento das áreas de preservação e das nascentes na bacia hidrográfica da Sanga da Restinga (onde for possível em áreas sem ocupação), construção de bacias de captação (nas áreas verdes, próximas do curso hídrico) e dragagem da Sanga da Restinga, que se encontra extremamente assoreada, devido à forma de uso do solo na bacia hidrográfica.

O cadastro das áreas de risco de inundação na área urbana de Restinga Sêca permite identificar os locais onde são necessárias as ações prioritárias de prevenção e gerenciamento. Nessas áreas, são necessárias ações de resposta direta no que diz respeito aos aspectos relacionados ao perigo de inundação e à vulnerabilidade da população afetada.

NOTAS

1 Sanga é um termo regional, utilizado na denominação de riachos, córregos ou arroios.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto Nº 6.135 de 26 de Junho de 2007**. Dispõe sobre o Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal. Brasília – DF, 26 jun. 2007a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6135.htm. Acesso em: 05 mar. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Brasília – DF, 25 maio 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.html. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASIL. **Secretaria Nacional de Defesa Civil**. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília: 2007b. 82p.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **S2ID - Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres**. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FREITAS, Rafael Bilhan. **Análise das áreas suscetíveis aos processos de inundação na área urbana do município de Restinga Sêca**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@: Restinga Sêca**. Sistema agregador de informações do IBGE sobre os municípios e estados do Brasil: Resultados do Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=431550&search=|restinga-seca>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MARCELINO, Emerson Vieira. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos. Santa Maria: INPE, 2008.

RÁDIO INTEGRAÇÃO (Rádio Jornal Integração - Restinga Sêca). **Restinga Sêca, 17 out. de 2014**. Facebook: Chuva: [...] alagamento na Rua Augusto Rossi. Disponível em: <https://www.facebook.com/radiojornalintegracao/posts/627873977325583>. Acesso em: 22 abr. 2017.

RÁDIO INTEGRAÇÃO (Rádio Jornal Integração - Restinga Sêca). **Restinga Sêca, 17 out. de 2016a**. Facebook: Alagamento: moradores das proximidades da Sanga da Restinga na parte baixa da cidade de Restinga Sêca unem forças para retirar seus pertences de suas residências. Disponível em: <https://www.facebook.com/watch/?v=1037490883030555>. Acesso em: 22 abr. 2017.

RÁDIO INTEGRAÇÃO (Rádio Jornal Integração - Restinga Sêca). **Restinga Sêca, 25 out. de 2016b**. Facebook: Alagamento: imagens [...]. Disponível em: <https://www.facebook.com/watch/?v=1044899925622984>. Acesso em: 22 abr. 2017.

RECKZIEGEL, Bernadete Weber. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; OLIVEIRA, Edson Luis Almeida. Bases Conceituais para o Estudo de Áreas de Risco em Ambientes Urbanos. In: ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; TRENTIN, Romário (Org.). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2013. p. 21-35.

PROPOSAL METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF POPULATION VULNERABILITY AT HAZARD AREAS

Romario Trentin; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: 10.4215/rm2019.e18004

Abstract: This work presents a discussion of the methodology used to establish the vulnerability associated with at-risk areas in Santa Maria city. The following were used in order to analyze vulnerability: urban-constructive variables, which define the Urban Vulnerability Index (InVU), in addition to further socio-economic variables and urban densification, which define the Human Vulnerability Index (InVH). The InVU is determined by the Urban-Construction Standard, identified through the analysis of occupation planning, housing characteristics and the available infrastructure. The InVH was determined by an analysis of Socioeconomic Variables and Densification. The socioeconomic variables used are the age range of the population, monthly income and the literacy rate.

Keywords: Vulnerability Index; Risk Situations; Methodology.

PROPOSTA METODOLOGICA PARA ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DA POPULAÇÃO EM ÁREAS DE RISCO

Resumo: Este trabalho apresenta uma discussão sobre a metodologia utilizada para estabelecer a vulnerabilidade associada às áreas de risco na cidade de Santa Maria. Para analisar a vulnerabilidade, foram utilizadas: variáveis urbano-constructivas, que definem o Índice de Vulnerabilidade Urbana (InVU), além de variáveis socioeconômicas e densificação urbana, que definem o Índice de Vulnerabilidade Humana (InVH). O InVU é determinado pelo Padrão de Construção Urbana, identificado através da análise do planejamento de ocupação, características da moradia e infraestrutura disponível. O InVH foi determinado por uma análise das Variáveis Socioeconômicas e da Densificação. As variáveis socioeconômicas utilizadas são a faixa etária da população, a renda mensal e a taxa de alfabetização.

Palavras-chave: Índice de vulnerabilidade; Situações de Risco; Metodologia.

PROPOSITION MÉTHODOLOGIQUE POUR L'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ DE LA POPULATION DANS UNE ZONE DE RISQUE

Resumé: Ce travail présente une discussion sur la méthodologie utilisée pour établir la vulnérabilité associée aux zones à risque dans la ville de Santa Maria. Pour analyser la vulnérabilité, nous avons utilisé: caractéristiques constructives et infrastructures urbaines, qui définissent l'indice de vulnérabilité urbaine (InVU) ajouté aux variables socio-économiques et à la densification urbaine, qui définissent l'indice de vulnérabilité humaine (InVH). L'indice InVU est déterminé par la norme de construction urbaine identifiée par l'analyse de la planification de l'occupation, des caractéristiques du logement et de l'infrastructure disponible. L'indice InVH a été déterminé par une analyse des variables socio-économiques et de la densité d'occupation. Les variables socio-économiques sont obtenues grâce à l'utilisation de la base d'information d'âge de la population; revenu mensuel et taux d'alphabétisation.

Mots-clés: Indice de Vulnérabilité; Situations de Risque; Méthodologie.

INTRODUCTION

When building their spaces, human beings make them suitable to their requirements. These transformations in the configuration of natural spaces, by

the action of man, accompany changes related to the interests of the social and economic history of societies and countries. According to Carlos (1994), cities are constructed through the relationships between physical and social factors and should be understood as a process and not only as a form. For Sposito (2011), today's city is a cumulative result of all the other cities that have come before it, transformed, destroyed, rebuilt, and finally produced by the social transformations that have occurred through the ages.

The growth of cities in Brazil from the 1950s onwards has led to a process of disordered land occupation and has accentuated socio-spatial segregation (COSTA,1982). During the occupation of these spaces risk areas have arisen that represent an interaction between the natural and the social environments. Theoretically, natural events are a threat to everyone, but in practice, proportionately, they affect the most disadvantaged (ALCANTARA-AYALA, 2002).

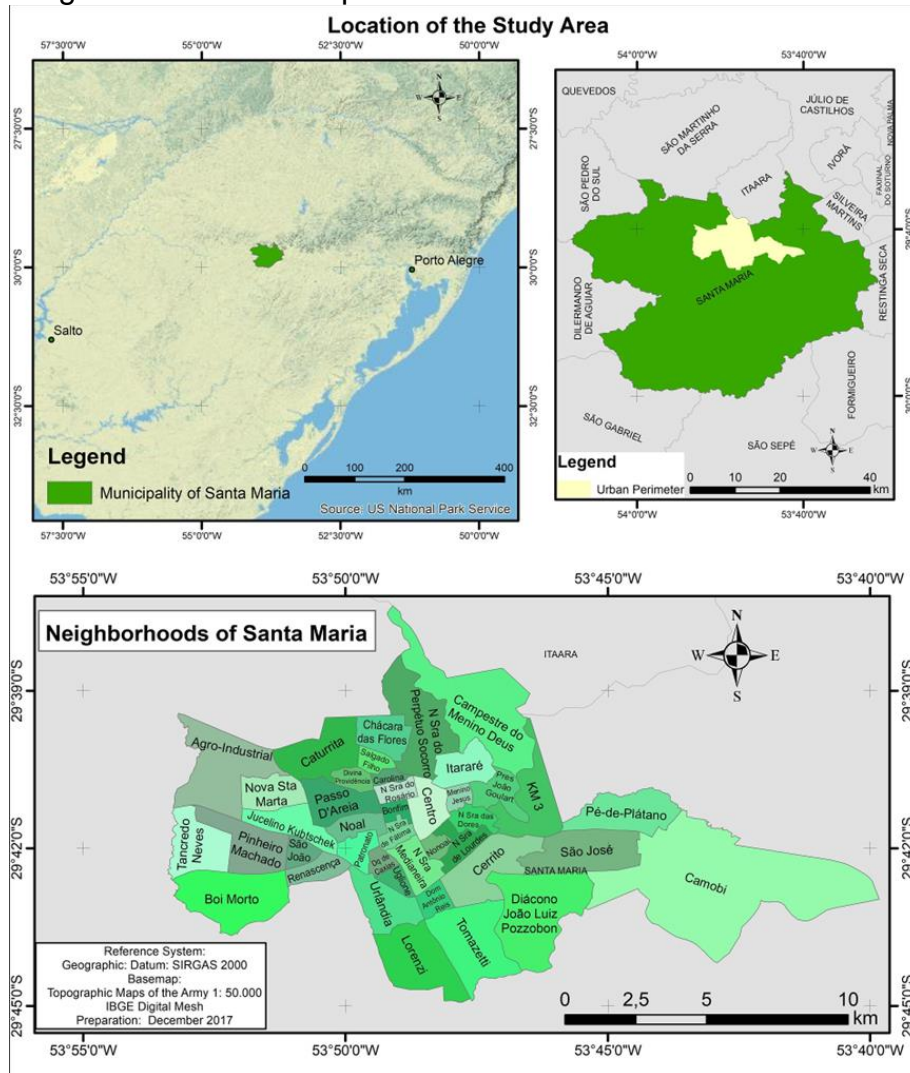
The concept of vulnerability has gained increasing importance in the conceptual field of research on risk areas. The United Nations, through the International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), has emphasized in its publications that reducing vulnerability is essential to reduce losses resulting from natural events, especially in developing countries.

The disorderly growth of cities generated mainly by private and speculative interests is considered a precondition for disasters. Poor urban populations, prevented from to access urban resources or unable to protect themselves from adverse environmental conditions are the most affected by the negative impacts of urbanization (Robaina, 2008).

This work presents a discussion of the methodology used to establish the vulnerability associated with risk areas in Santa Maria city, located in the center of Rio Grande do Sul state, 292 km from Porto Alegre, with area of approximately 1,788,129 km² (Figure 1).

According to the population census of 2010, the municipality is made up of more than 260 thousand people, 248,347 of whom reside inside the urban perimeter.

Figure 1: Location map of the urban area of Santa Maria / RS



Since the 1960s, the population of Santa Maria has grown rapidly, from 85,000 inhabitants to almost 250,500 in the 2000s. The urbanization of the eastern sector is associated with the creation of the Federal University of Santa Maria (UFSM) and the inauguration of the Santa Maria Air Base in the 1960s. The urban expansion in the western part of Santa Maria was driven by the creation of the Industrial District in the 1970s.

However, the Industrial District did not thrive as expected, so that two concurrent processes occurred in the 1990s: the irregular occupation of the free space resulting from the non-implantation of industries and the transfer of the working class expelled from the more affluent areas (PINHEIRO, 2002).

Currently, the city evidences population densification, especially along the East-West axis, owing to the limitations to urban expansion in the south and

southwest, due to the presence of extensive areas under military control and, to the north, because of the slopes of the edge of the Plateau.

METHODOLOGICAL PROCEDURES

The survey of the land ownership situation and the occurrence of areas susceptible to flooding and landslides was carried out by municipal government bodies (Secretaria Municipal de Habitação e Departamento de Regularização Fundiária) and the Municipal Risk Plan (2006).

Information on the 2010 Census Sectors was obtained from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), through tables (Microsoft Excel) containing detailed information on the socioeconomic situation of the population.

Another important instrument for obtaining information was oral history (Haguette, 1987), which consisted of data collection through informal interviews with residents of the affected areas, collected during field work (Ávila, 2015).

The cartographic base was created by the Geotechnical Units of Santa Maria, on the scale 1: 25,000 (Maciel Filho, 1990); political-administrative maps of the city on the scale 1: 15,000; as well as thematic zonings carried out in previous works (Ávila & Robaina, 2014; Oliveira, 2004; Robaina et al, 2002).

To elaborate the cartographic database, DigitalGlobe images dated 11th September 2014, obtained from Google Earth Pro, were processed. A total of 50 image cut-outs formed a mosaic of the urban area of Santa Maria, the georeferencing was carried out using ArcGis10 software from the points obtained in Google Earth-Pro 2010 and from points collected in the field with global positioning equipment.

Thematic maps and vector bases obtained through the IBGE (2010) regarding the Census Sectors were also used, as well as general administrative information corresponding to the municipal urban perimeter (neighborhoods, roads, administrative boundary).

All the operations and analysis to compile this spatial information and to create cartographic products were made using Arcgis10 software, developed by ESRI.

RESULTS

Due to their flat relief, the areas located along the watercourses are easily occupied because there is no need for major changes to the terrain, making them attractive to the low-income population. In addition, they are disregarded by speculators, as they are not regulated areas for occupation. The hazards are associated with flooding and erosion of the riverbanks. This scenario includes the areas along the rivers, mainly the Cadena Arroyo and its tributaries (Oliveira, 2004).

In the western region of the city, in the communities located on hillsides, processes related to the headwaters are the most important. On the slopes of the Plateau, there are occupied areas where landslide processes can cause disasters.

ANALYSIS OF POPULATION VULNERABILITY

The concept of vulnerability seeks to translate the foreseeable consequences of a natural phenomenon for humans and society (Cunha & Dimuccio, 2002). For Lavell (1999), vulnerability refers to the propensity of a society or an element of society to suffer harm.

In order to analyze vulnerability, urban-constructive variables were used, which define the Urban Vulnerability Index (InVU), and the socio-economic variables and urban densification that define the Human Vulnerability Index (InVH) using several works as a base (Cutter, 1996; Cutter et al. 2003; Alexander, 2011; Freitas and Cunha, 2013.)

URBAN VULNERABILITY INDEX (INVU)

The InVU is determined by the Urban-Construction Standard identified through an analysis of occupation planning and the characteristics of the housing and the available infrastructure.

The way in which the occupation of urban space takes place is indicative of the degree of a community's organization. Occupations were defined as orderly and disorderly. Communities with a certain organizational level in the occupation of space are better prepared to face risk situations and facilitate the implementation of urban infrastructure and civil defense.

The quality and type of construction of the housing reflect the socioeconomic conditions of its inhabitants and the resistance of the buildings when affected by surface processes. The physical and structural characteristics of the dwellings are observed in relation to: i) housing size (100m²); (ii) the degree of completion of the construction (finished, precarious and unfinished); (iii) type of construction material used (recycled, mixed, wood, masonry).

The available infrastructure is represented by a set of public or private installations and services. Two basic characteristics were observed under different conditions to evaluate the urban infrastructure:

(i) availability of water and sewage (existing or non-existent) and (ii) type of road pavement (paved or unpaved).

The sum of the values obtained (Table 1) resulted in four different categories of the InVU: Very High; High; Medium; and Low, as shown in Table 2.

Table 1: Urban-constructive variables indicative of vulnerability

Variable	Characteristics	Value		
Occupations	Orderly	0		
	Disorderly	1		
Housing	Housings size	< 50m ²	2	
		50 –100m ²	1	
		>100m ²	0	
	Degree of constructions completion	finished	0	
		precarious	1	
		unfinished	2	
	type of material	masonry	0	
		wood	1	
mixed		2		
recycled		3		
Infrastructure	availability of water and sewage	existing	0	
		non-existent	1	
	Road	paved	0	
		unpaved	1	

Table 2: Urban Vulnerability Index (InVU) and the assigned weights.

Sum	InVU
10 a 9	Very high
8 a 6	High
5 a 3	Medium
2 a 0	Low

HUMAN VULNERABILITY INDEX (INVH)

The InvH was determined by an analysis of Socioeconomic Variables and Densification. Socioeconomic variables were obtained through the database of

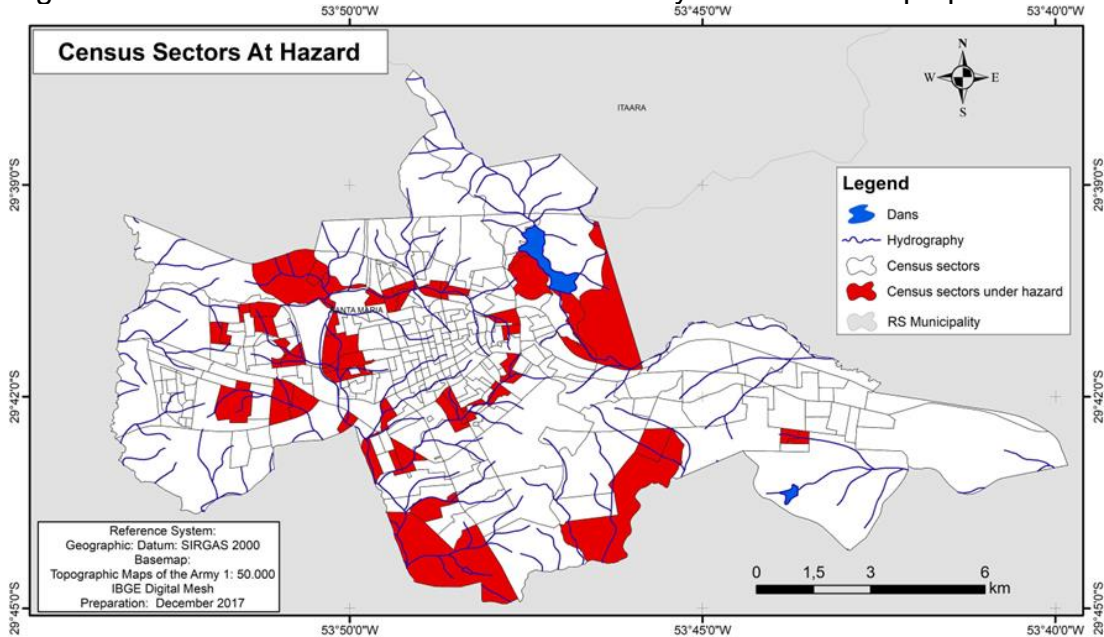
the 2010 Demographic Census, analyzing the age range of the population, monthly income and literacy rates (Table 3).

Table 3: Data by Census sector and respective vulnerability indicators

Sector data in hazardous areas	Vulnerability indicators	Census Sector (43169070080036)
average household income until 1 monthly basic salary	sum of the population	Population > 10 years = 482 (100%) Population with 1 monthly basic salary = 171 (35%)
% population > 65 years	sum of the population over 65 years	Total population = 598 (100%) Young + seniors = 212 (35%)
% population < 15 years	sum of the population less than 15 years	
% Illiteracy Person (>15 years)	Sum illiteracy person	Total Population = 416 (100%) Illiteracy Population = 25 (6%)
number of homes in hazard	% of homes	Total Housing = 161(100%) Hazard's housing = 69 (43%)

As it was possible to carry out in situ investigations, the effectiveness of using this basic information was guaranteed. At-risk areas are distributed over 50 Census Sectors (FIGURE 2).

Figure 2: Census sectors at risk due to fluvial dynamics and slope processes.



The age of the population directly influences the capacity to confront disasters; thus, children and the elderly have less capacity to respond due to the difficulty of locomotion, the limitation of the workforce, fragile health and the greater need of assistance. People under the age of 15 and over 65 were defined as the most vulnerable. The basis of calculation was a percentage relation

between the sum of the population aged under 15 years and over 65 years and the total population for each sector.

The second variable is the average household income, which defines the capacity to cope, recover and respond. In this sense, the areas with a high degree of vulnerability are found in the Census Sectors where a high percentage of the population receives up to a monthly minimum wage, considering the total population of the sector.

The third variable relates to the level of literacy. For the IBGE, a literate person is one who can read and write a simple note. The issue is associated with vulnerability due to the greater difficulty in understanding the processes causing disasters and the difficulty in disseminating information on prevention and post-accident organization. From this perspective, Census Sectors with high illiteracy rates give the areas under threat high levels of vulnerability.

Urban densification, especially when irregular, impacts on social vulnerability because of the high number of people that can be affected by disasters. Therefore, areas with a large quantity of housing have a greater degree of vulnerability.

The data obtained allowed the determination of vulnerability through (InVH) the following equation:

$$\text{InVH} = \text{RM} + \text{SP} + \text{PA} + \text{NM}$$

Census Sectors Images/field In which: RM -% of the population with an income of 1 minimum wage; SP -% of the population over 65 and under 15 years; PA -% of illiterate people above 15 years. NM -% of housing in hazard areas;

The percentage results of each variable were divided into four class intervals (Table 4) and the sum of the values obtained resulted in four different classes of InVH: Very High; High; Medium; and Low, as shown in Table 5.

Table 4: Socioeconomic variables and Densification

Values	% of the population with monthly income of up to 1 basic salary	% of people without literacy above 15 years	% of the population over 65 and under 15 years	% of housing in hazard areas
1	7-15	0,5-2	22,5-26	<3
2	16-24	3-5	27-31	3-6
3	25-33	6-8	31-37	7-9
4	34-40	8-14	37-43	>9

Table 5: Classes of InVH

Sum	InVH
1-4	Low
5-8	Medium
8-12	High
13-16	Very High

The final result of the vulnerability analysis was obtained through the correlation of InVU and InVH values. The organization and description of the Degree of Vulnerability of areas under threat from natural disasters are presented in Table 6.

Table 6: InVU and InVH correlation to indicate the respective degrees of vulnerability.

InVH	InVU			
	Very high	High	Medium	Low
Very high	Grade IV	Grade IV	Grade III	Grade II
High	Grade IV	Grade IV	Grade III	Grade II
Medium	Grade III	Grade III	Grade II	Grade I
Low	Grade II	Grade II	Grade I	Grade I

USE OF THE METHODOLOGY FOR VULNERABILITY MAPPING FOR NATURAL DISASTERS IN THE WESTERN ADMINISTRATIVE ZONE IN THE CITY OF SANTA MARIA.

The Western administrative zone has nine Census Sectors with areas under threat of disasters, located in four neighborhoods: Nova Santa Marta, João Goulart, Pinheiro Machado and Renascença (Ávila, 2015).

In the region, at-risk areas have a predominance of areas with very high InVH (Grade IV), marked by high rates of elderly / children and incomes lower than the minimum wage (Table 7). The InVU varies from very high to high as a result of the characteristics of the housing (Table 8). This is because the area has been recently occupied, presenting two aspects of conflict over land use and occupation: land ownership regularization and environmental legislation. The Table 9 shows the correlation between the InVH and InVU for these sectors,

defining the degree of vulnerability. Figure 3 shows the spatialization of the Census Sectors with the degree of vulnerability.

Table 7 - InVH of census sector in risk areas in Nova Santa Marta neighborhood

<i>Sector Code</i>	<i>% of the population with monthly income of up to 1 basic salary</i>	<i>% of people without literacy above 15 years</i>	<i>% of the population over 65 and under 15 years</i>	<i>% of housing in hazard areas</i>	<i>Sum</i>	<i>InVH</i>
431690705130021	30	6	35	11	3+3+3+4=13	Very high
431690705130022	35	6	32	7	4+3+3+3=13	Very high
431690705130025	36	7,5	36	14	4+3+3+4=14	Very high
431690705130039	27	6,5	35	10	3+3+3+4=13	Very high
431690705130040	33	9,5	40	7	3+4+4+3=14	Very high
431690705130003	22	4	31	11	2+2+3+4=11	High
431690705130010	22	4	23	4	2+2+1+2=7	Medium
431690705130032	26	5	30	7	3+2+2+3=10	High
431690705130027	33	10	37	8	3+4+4+3=14	Very high

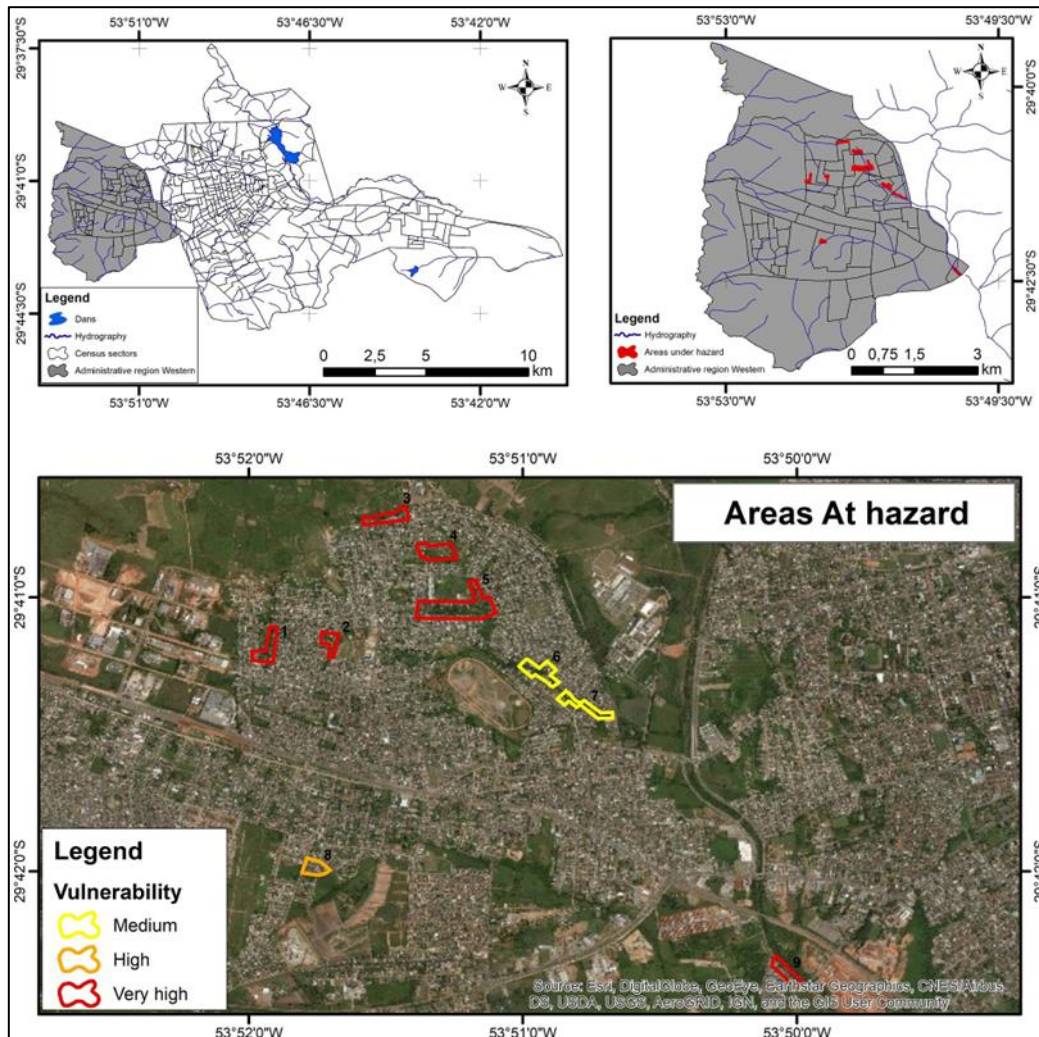
Table 8 - InVU of census sector in risk areas in Nova Santa Marta neighborhood

<i>Sector Code</i>	<i>sum</i>	<i>InVU</i>
431690705130021	9	Very high
431690705130022	8	High
431690705130025	10	Very high
431690705130039	9	Very high
431690705130040	8	High
431690705130003	2	Low
431690705130010	5	Medium
431690705130032	6	High
431690705130027	7	High

Table 9: Correlation of InVU and InVH to indicate the degree of vulnerability

<i>Sector Code</i>	<i>InVH</i>	<i>InVU</i>	<i>Vulnerability</i>
431690705130021	Very high	Very high	Very high
431690705130022	Very high	High	Very high
431690705130025	Very high	Very high	Very high
431690705130039	Very high	Very high	Very high
431690705130040	Very high	High	Very high
431690705130003	High	Low	Medium
431690705130010	Medium	Medium	Medium
431690705130032	High	High	High
431690705130027	Very high	High	Very high

Figure 3: Areas at risk of fluvial dynamics processes, administrative region Western. 1 – Census Sectors: 431690705130021; 2 – 431690705130022; 3 – 431690705130039; 4 – 431690705130040; 5 – 431690705130025; 6 – 431690705130003; 7 – 431690705130010; 8 – 431690705130032; 9 – 431690705130027.



The census sectors codes 431690705130021, 431690705130022, 431690705130025, 431690705130039 and 431690705130040 are located in the Nova Santa Marta neighborhood. In this area hazards are related to the fluvial dynamics associated with the headwaters that correspond to the tributaries of the Cadena Arroyo.

All the Sectors showed very high degrees of vulnerability (Grade IV). As it is a recently occupied area, it has suffered intense of structural, social and environmental modifications. Different levels of intervention occur in the headwaters and arroyos (Figure 4), depending on the socioeconomic condition of each family. However, the findings indicate that, most of the time, this

interference is carried out without proper infrastructure and services, accelerating erosion processes, increasing the threats and risks to the population.

Figure 4 - Characteristics of occupation and at-risk situations in Census Sectors 431690705130021, 431690705130022, 431690705130025, 431690705130039 and 431690705130040.



The census sector number 431690705130003, with medium vulnerability, is located next to the Vila Jóquei Clube housing estate, in the Juscelino Kubitschek neighborhood. The area covered by the Sector has around 238 households, of which 25 (11%) are located in the tributaries on the right margin of the Cadena Arroyo and are subject to river dynamics processes.

The classification of the InVU is low, since the area has a well-developed urban structure, with paving in the main streets and a water supply network. The housing is masonry, with dimensions ranging from 50 m² to over 100 m².

The 431690705130010 sector was classified as medium vulnerability of the population. The area has problems related to fluvial dynamics (tributary of the

Cadena Arroyo), associated with bank erosion. It is a densely populated sector, but the rate of housing in risk areas is 4%.

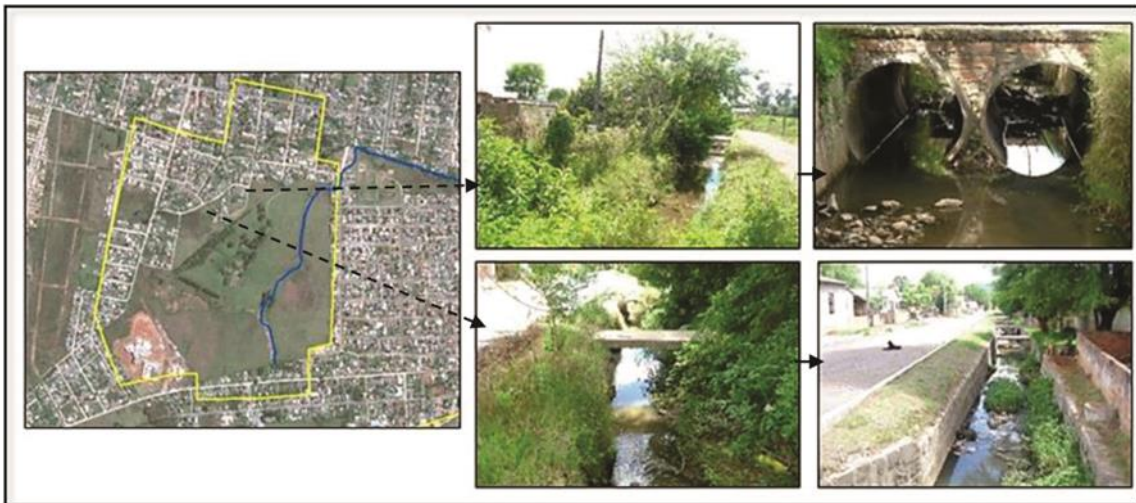
The socioeconomic situation, housing and infrastructure characterize InVH and InVU as a medium vulnerability, Figure 5.

Figure 5 - Characteristics of occupation and hazard situations in Census Sectors 431690705130003 e 431690705130010



The Sector 431690705130032 is part of the Vila Ecologia housing unit, adjacent to the Pinheiro Machado neighborhood. Part of the area is susceptible to flooding due to the proximity of the stream (a small tributary channel of the Cadena Arroyo, as shown in Figure 6). Of the 645 households located in this sector, seven percent are in an area under threat of disaster.

Figure 6 - Characteristics of occupation and at-risk situations in Census Sectors 431690705130032.



Sector 431690705130027 is inserted in the Renascença neighborhood, next to the community with same name, with a population of approximately 450 people, it has a very high InVH and high InVU, characterizing a very high vulnerability. (Figure 7). The hazards are mainly associated with bank erosion.

Figure 7: Occupation characteristics and at-risk situations in Census Sector 431690705130027.



CONCLUSION

Santa Maria's urban growth of reveals numerous inequalities, with characteristics in common with many medium-sized cities. The concentration of income and more developed urban services are found in the center; the quality and the area of coverage are reduced as occupation is directed towards the peripheral regions.

Vulnerability is not synonymous with poverty; however, unfavorable socioeconomic situations diminish the chances of recovery after a disaster.

When analyzing the history and the informal interviews, it was found that residents in risk areas are often aware of and clear about the problems they face.

Although they have areas or limits superior to the polygons established for risk, it is possible to affirm that, with good field control, the Census Sectors can be used.

The methodology employed, using socioeconomic data and housing and infrastructure characteristics, enables the population's different degrees of vulnerability to natural disasters to be established, validated by field work.

Studies in other cities should use the same methodology to evaluate the results obtained.

BIBLIOGRAPHY

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, 2002, 47, 107–124.

ALEXANDER, D. Modelos de vulnerabilidade social a desastres. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 93, n. 1, p. 9-29, jun. 2011.

ÁVILA, L O. **Vulnerabilidade das áreas sob ameaça de desastres naturais na cidade de Santa Maria/RS**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

AVILA, L. O.; ROBAINA, L. E. S.. A urbanização e as áreas de risco: o caso de Santa Maria/RS. In: ROBAINA, L. E. E.; TRENTIN, R. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Editora da Universidade Federal de Santa Maria, 2014. 183-206 p.

CARLOS, A. F. **A Cidade**. São Paulo: Contexto, 1994.

COSTA, E. **Maranhão Pessoa da. Expansão Urbana e Organização Espacial**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, 1982, 248p.

Cunha L. e Dimuccio L. **Considerações sobre riscos naturais num espaço de transição. Exercícios cartográficos numa área a Sul de Coimbra**. Territorium, Coimbra, 2002. N. 9, pp. 37-51.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4. 529-539 p.

CUTTER, S. L.; Boruff, Bryan J.; Shirley, W. Lynn. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, Volume 84, Number 2, June 2003.

FREITAS, M. I. C., CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, v. 5, n. 1, p. 15-31, jan./jun. 2013

HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias Qualitativas na Sociologia**. Petrópolis: Vozes, 1987.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em novembro de 2011.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

Lavell, A. Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos. **Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina**. 1999.

MACIEL FILHO, C. L. **Carta Geotécnica de Santa Maria**. Santa Maria: Imprensa Universitária UFSM, 1990.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

OLIVEIRA, E. L. A.. **Áreas de risco geomorfológico na bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria/RS: zoneamento e hierarquização**. 2004. 141 p. Dissertação (Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PINHEIRO, A. C. **Levantamento e análise do processo irregular do solo urbano nos últimos trinta anos (1970 a 2000) em Santa Maria – RS**. Santa Maria: UFSM, 2002.

ROBAINA, L. E. S.; CASSOL, R.; MEDEIROS, E. R. Unidades de Landforms na Bacias do Arroio Cadena, Santa Maria - RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 24, p. 139-152, 2002.

ROBAINA, L.E.S. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**, UFSM, 30 (2): 93 -105, 2008.

SPOSITO, M. E. B.. **A produção do espaço urbano: agentes escalas e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2011.

PARÂMETROS GEOMORFOMÉTRICOS PARA ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DE BLUMENAU, SANTA CATARINA

Tanice Cristina Kormann; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: 10.5902/2236499437708.

Resumo: Esta pesquisa objetiva apresentar uma proposta de caracterização do relevo da área urbana de Blumenau a partir da determinação da forma das vertentes utilizando os parâmetros geomorfométricos de declividade, plano e perfil de curvatura, a fim de determinar suscetibilidade a movimentos de massa. O município está situado na porção nordeste do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. A análise parte do cruzamento de dados geoespaciais relativos aos atributos topográficos, utilizando procedimentos automatizados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A ocorrência histórica de eventos causadores de danos foi determinada a partir de dados da Defesa Civil Municipal. A compartimentação geomorfométrica permitiu identificar oito unidades de relevo, sendo a Unidade VIII a que combina as condições de maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa: declividade superior a 30%, perfil côncavo e plano convergente. Os bairros que apresentam maior frequência de ocorrência da Unidade VIII são: Da Glória, Velha Grande, Ribeirão Fresco, Nova Esperança e Bom Retiro.

Palavras-chave: Árvore de decisão; Geomorfometria; Suscetibilidade a movimentos de massa

GEOMORFOMETRIC PARAMETERS IN THE ANALYSIS OF MASS MOVEMENT SUSCEPTIBILITY IN THE BLUMENAU'S URBAN ZONE, SANTA CATARINA

Abstract: This research has the objective to present a proposal to characterize the relief of the urban area of Blumenau, by determining the shape of the slopes using the geomorphometric parameters of declivity, plane and profile of curvature in order to determine susceptibility to mass movements. The municipality is located in the northeastern portion of the Santa Catarina, southern region of Brazil. This technique seeks to classify the relief from the crossing of geospatial data related to topographic attributes using automated procedures in a Geographic Information Systems (GIS). The occurrence historical of events causing damage was determined from municipal civil defense data. The geomorphometric compartmentalization allowed to identify eight relief units, with Unit VIII combining the conditions of greatest susceptibility to the occurrence of mass movements: declivity greater than 30%, concave profile and convergent plane. The neighborhoods that present the highest frequency of Unit VIII are: Da Glória, Velha Grande, Ribeirão Fresco, Nova Esperança and Bom Retiro.

Keywords: Decision tree; Mass movement; Geomorphometry; Susceptibility

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são tidos como resultado da ocorrência de processos da dinâmica superficial que causam danos à sociedade. São mais frequentes na faixa oriental do território brasileiro (FERNANDES e AMARAL, 1996). Dentre os desastres naturais que afetam o Brasil, os movimentos de massa são responsáveis pelo maior número de vítimas fatais (CARVALHO e GALVÃO, 2006; TOMINAGA, 2009).

Os processos de movimentos de massa são significativos no modelado do relevo terrestre (BIGARELLA et al., 2003; TOMINAGA, 2009), resultando da mobilização de material (solo/rocha) sobre a ação da gravidade em que o

principal agente deflagrador nos climas tropicais úmidos é a água. Apesar de ser um processo de origem natural, pode ser induzido pela ação humana que altera a situação de equilíbrio da encosta (FERNANDES & AMARAL, 1996; ROBAINA, 2008; NUNES, 2015).

O município de Blumenau possui uma convivência histórica com desastres naturais. O Atlas dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina (HERRMANN, 2006) aponta Blumenau como o município que apresentou o maior número de movimentos de massa e inundações no inventário de eventos ocorridos entre 1980 e 2003. Para além desse histórico, episódios recentes corroboram com os resultados encontrados no Atlas.

Em novembro de 2008, a situação de episódios extremos de precipitação desencadeou sérios danos associados à ocorrência generalizada de movimentos de massa e enxurradas levando a decretação de Situação de Calamidade Pública no município (BLUMENAU, 2008). Esse evento passa a ser considerado um novo paradigma regional para abordagem do assunto devido às proporções dos danos, resultando na morte de 24 pessoas (POZZOBON, 2013; AVILA e MATTEDI, 2017). Ainda em 2011, dois episódios de precipitação localizada resultaram em dois Decretos de Situação de Emergência em um intervalo de tempo inferior a dois meses (BLUMENAU, 2011a; BLUMENAU, 2011b).

O conhecimento das formas e a compreensão dos processos da dinâmica superficial são essenciais para o planejamento dos sítios urbanos, visto que o relevo é o suporte físico de interações naturais e sociais. Dessa forma, o planejamento faz uso do geoprocessamento como ferramenta que permite a integração de diferentes bases de dados espaciais, o que tem contribuído para otimizar a tomada de decisão quanto à gestão territorial (SILVA e ZAIDAN, 2004; FLORENZANO, 2008). O desenvolvimento de métodos automáticos de extração de informações ambientais a partir de uma crescente disponibilidade de dados reflete-se no constante aprimoramento das técnicas de análise digital, permitindo a extração automática de variáveis topográficas (VALERIANO, 2003).

A adoção de métodos computacionais para caracterização do relevo pode ser efetuada a partir de seus atributos, que podem ser extraídos por meio de um Modelo Digital do Terreno (MDT). O MDT consiste em uma descrição matemática do terreno realizada por meio de interpolação (ROCHA, 2000). A

análise do relevo por meio de variáveis geomorfométricas corresponde a um procedimento digital que considera os dados derivados de um MDT como atributos topográficos (MOORE et al., 1991). Originado do termo em inglês *geomorphometry* (McBRATNEY et al., 2003; SILVEIRA et al., 2013), é uma técnica que permite a diferenciação de porções nas encostas sujeitas a diferentes tipos de processos.

Esta pesquisa tem início com uma caracterização do relevo do sítio urbano de Blumenau, que tem o objetivo de apresentar a área de estudo e contextualizar a problemática. Na sequência, será apresentada a caracterização das variáveis geomorfométricas (declividade, plano e perfil de curvatura) que permitem identificar as áreas mais propícias a ocorrências de processos de movimentos de massa para o perímetro urbano municipal. Por fim, os resultados são analisados de forma comparativa ao histórico de ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal.

MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração dos mapas de caracterização do sítio urbano e a classificação geomorfométrica utilizou, como insumos, os dados da base planialtimétrica do município de Blumenau. Esses dados resultam da restituição de levantamento aerofotogramétrico na escala 1:10.000 (AEROIMAGEM S/A, 2003) que deu origem às curvas de nível em arquivo *shapefile* no formato vetorial com intervalos de 5m cedidas pelo setor de Cartografia da Prefeitura Municipal de Blumenau.

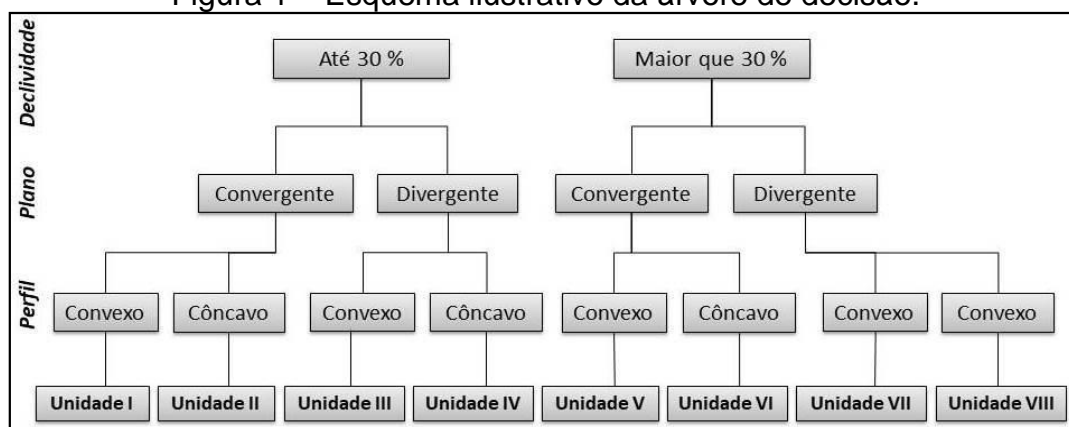
De posse dessa informação, a geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) ocorreu a partir da interpolação por meio da rede triangular irregular (TIN), procedimento realizado no software Arc Gis 10.4.1®. Esse procedimento resultou em dados contínuos (em formato matricial) que serviram de base para obtenção dos parâmetros de declividade e forma da vertente (plano e perfil de curvatura), utilizados na compartimentação geomorfométrica do relevo.

As informações referentes a altimetria foram segmentadas em oito classes com base na observação do histograma de dados, adotando o critério da quebra de continuidade para estabelecer os seguintes intervalos: 5 - 100 m, 101 - 180 m, 181 - 260 m, 261 m - 350 m, 351 - 470 m, 471 - 600 m, 601 - 730 m e 731 - 980 m.

A declividade ganha significativa importância como parâmetro na indicação de processos naturais ao ser incorporada pela legislação que regulamenta o parcelamento do solo através da Lei Lehman (BRASIL, 1979). Dessa forma, o presente estudo considera a inclinação de 30% como valor de corte diante do estabelecimento de restrições à ocupação de encostas em declives superiores ao estipulado.

Apesar da divergência entre autores quanto ao valor da declividade, é consenso que ela não deve ser tomada como único parâmetro. Neste sentido, as informações do plano e perfil de curvatura das vertentes foram analisadas por meio dos valores de curvatura existentes no histograma de frequência. Valores positivos representam vertentes divergentes enquanto valores negativos correspondem ao plano de curvatura convergente. Valores de curvatura positivos correspondem a vertentes côncavas, enquanto valores negativos são encontrados em vertentes convexas (VALERIANO e CARVALHO JÚNIOR, 2003). A declividade e as curvaturas no plano e em perfil foram as variáveis cruzadas na árvore de decisão que definiu as unidades da compartimentação geomorfométrica (Figura 01).

Figura 1 – Esquema ilustrativo da árvore de decisão.



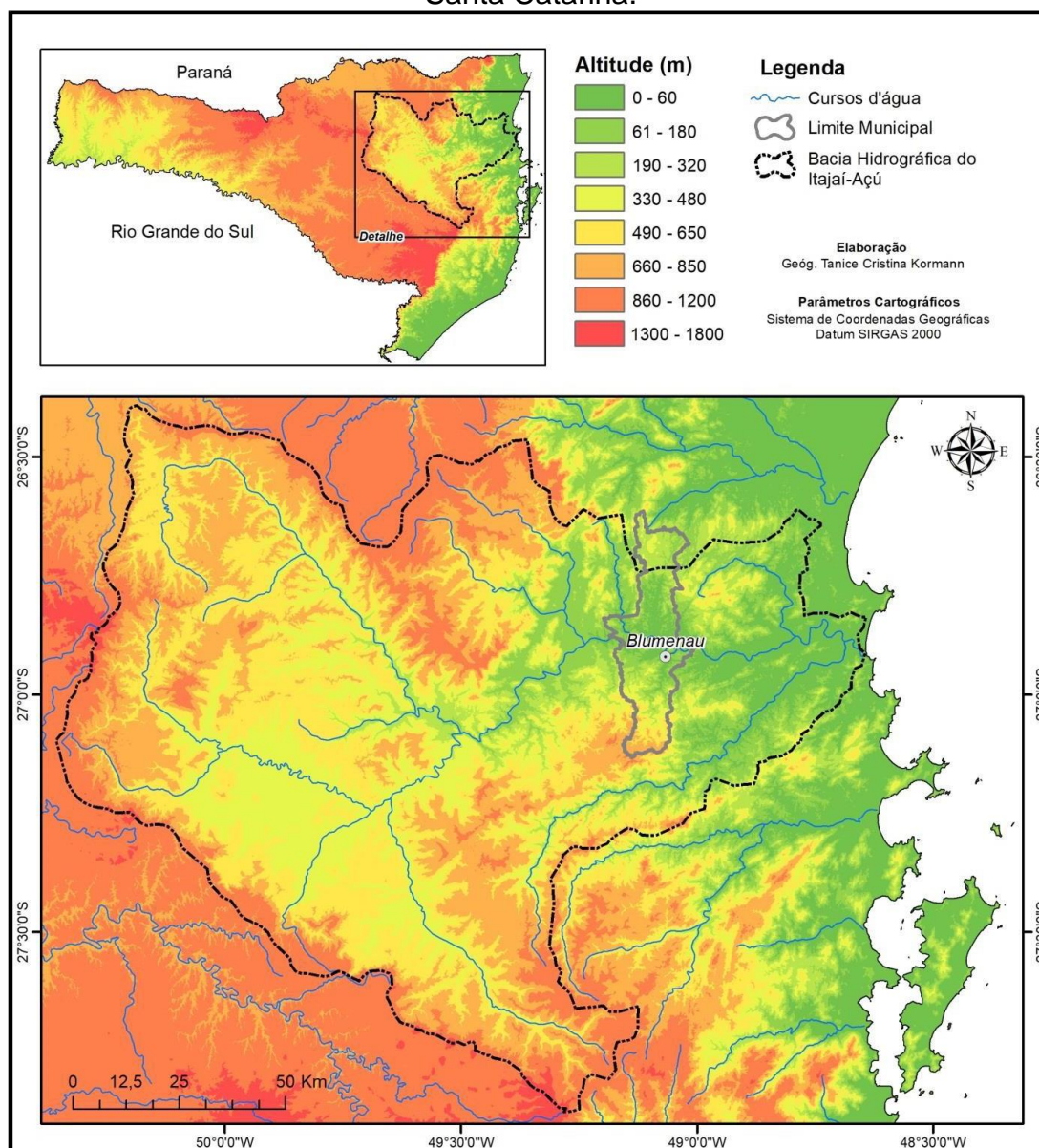
Fonte: Organização dos autores.

Os resultados da compartimentação geomorfométrica permitiram a identificação dos bairros mais suscetíveis a processos de movimento de massa, os quais foram analisados comparativamente aos dados de ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal, considerando o período de 1997 a 2015 em função da disponibilidade dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Blumenau está situado no nordeste do estado de Santa Catarina, com seu território predominantemente inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu. Trata-se da maior rede de drenagem da vertente Atlântica (Figura 02). Sua importância reflete-se no processo de ocupação do território que se estruturou a partir dos principais cursos d'água na segunda metade do século XIX.

Figura2 – Mapa de localização do município de Blumenau com a altimetria e a rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu, região nordeste de Santa Catarina.



Fonte: Organização dos autores.

De acordo com o último Censo Populacional (IBGE, 2010), Blumenau é o terceiro município mais populoso do estado de Santa Catarina e o que possui maior número de habitantes vivendo em aglomerados subnormais. Esse conceito foi usado, primeiramente, no Censo de 1991 para referir-se ao conjunto de, ao menos, 51 unidades habitacionais carentes de serviços públicos essenciais, sendo o terreno de propriedade alheia (pública ou particular) com disposição geralmente desordenada das vias e dos lotes, que não obedecem as diretrizes de planejamento urbano, em geral, constituindo área de acentuada densidade populacional (IBGE, 2010).

Relevo do sítio urbano de Blumenau

O Rio Itajaí-Açu divide a malha urbana em duas porções de quase mesmo tamanho. De modo geral, a porção norte apresenta uma estrutura geológica mais estável, composta por rochas mais antigas e desgastadas do embasamento cristalino. Na porção sul, há maior instabilidade em função da ocorrência de um intenso sistema de falhas que resulta na alternância de formações sedimentares de baixo grau de metamorfismo intercaladas por intrusões de corpos graníticos.

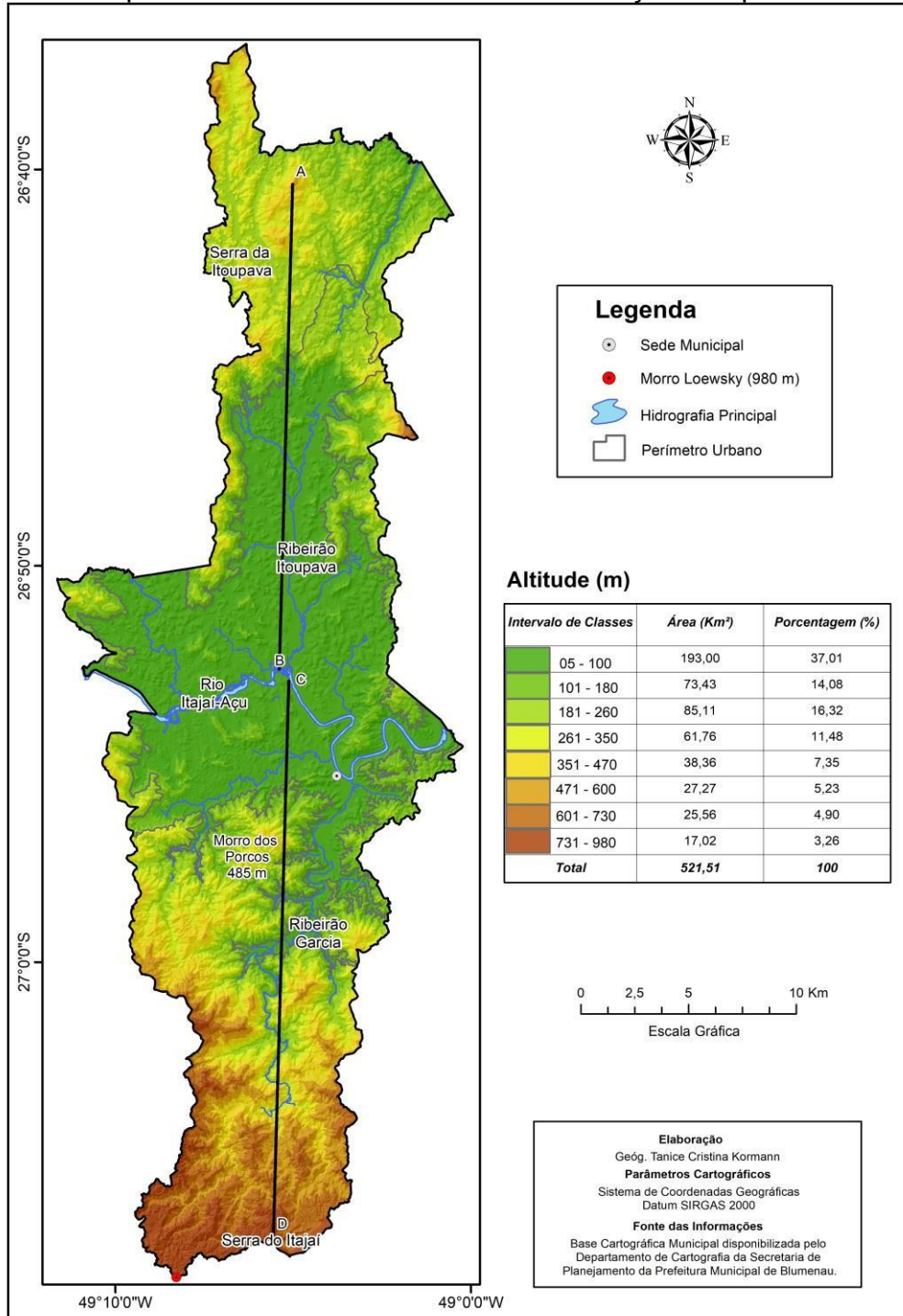
Essa significativa complexidade geológica da porção sul do território reflete-se no relevo. O município de Blumenau apresenta significativa amplitude altimétrica, com as cotas mais baixas situadas na porção central do município, enquanto as maiores elevações ultrapassam a cota de 980 m junto à Serra do Itajaí, no extremo sul do município, onde os divisores de água correspondem aos limites com outros municípios (Figura 03).

O mapa altimétrico permite observar que o perímetro urbano não ultrapassa a cota de 470 m, fato que tem relação com o processo de povoamento que se deu nas proximidades dos cursos d'água. Esse processo resultou na mancha urbana que se estrutura a partir das menores altitudes, sendo condicionada pelo relevo, o que é especialmente visível na porção sul do território.

Predominam altitudes de até 100 m, correspondendo a 37,01% do território municipal. Essa faixa de altitude ocorre, predominantemente, na porção norte, enquanto as maiores altitudes ocorrem, predominantemente, na Bacia do Ribeirão Garcia. Situada na porção sul, a Bacia do Ribeirão Garcia apresenta as maiores amplitudes altimétricas responsáveis pela formação de vales profundos

em “V” esculpidos por uma drenagem encaixada (SANTOS, 1996). Ao contrário, os vales na porção norte são mais abertos, o que está associado ao predomínio de menores altitudes, principalmente, no Vale do Ribeirão Itoupava.

Figura 3 – Mapa altimétrico de Blumenau com indicação dos perfis altimétricos.



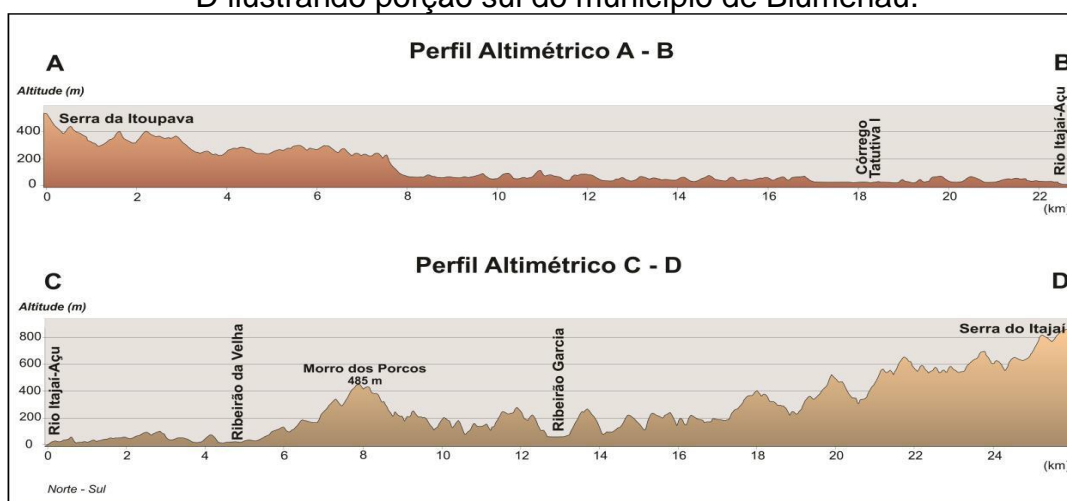
Fonte: Organização dos autores.

Essas diferenças podem ser visualizadas por meio da comparação de perfis altimétricos da porção norte (A-B) e sul (C-D) do município, ambos no sentido Norte – Sul (Figura 04). A comparação evidencia as distintas condições de relevo das duas porções do município; enquanto, na porção norte, o relevo encontra-se mais desgastado, com a Serra da Itoupava destacando-se, a porção ao sul apresenta maior amplitude altimétrica, indicando morfogênese mais intensa.

No estudo de processos da dinâmica superficial, a declividade é um dos principais parâmetros utilizados (FERNANDES et al., 2001). Guerra e Cunha (1996) apontam que estudos realizados na serra do mar paulista indicam a deflagração de movimentos de massa a partir de declives de 20%. Fernandes et al. (2001), em estudo no Serra da Tijuca, apontaram o aumento do potencial de ocorrências de movimentos de massa crescente com o aumento da declividade até a classe de 37° - 55°.

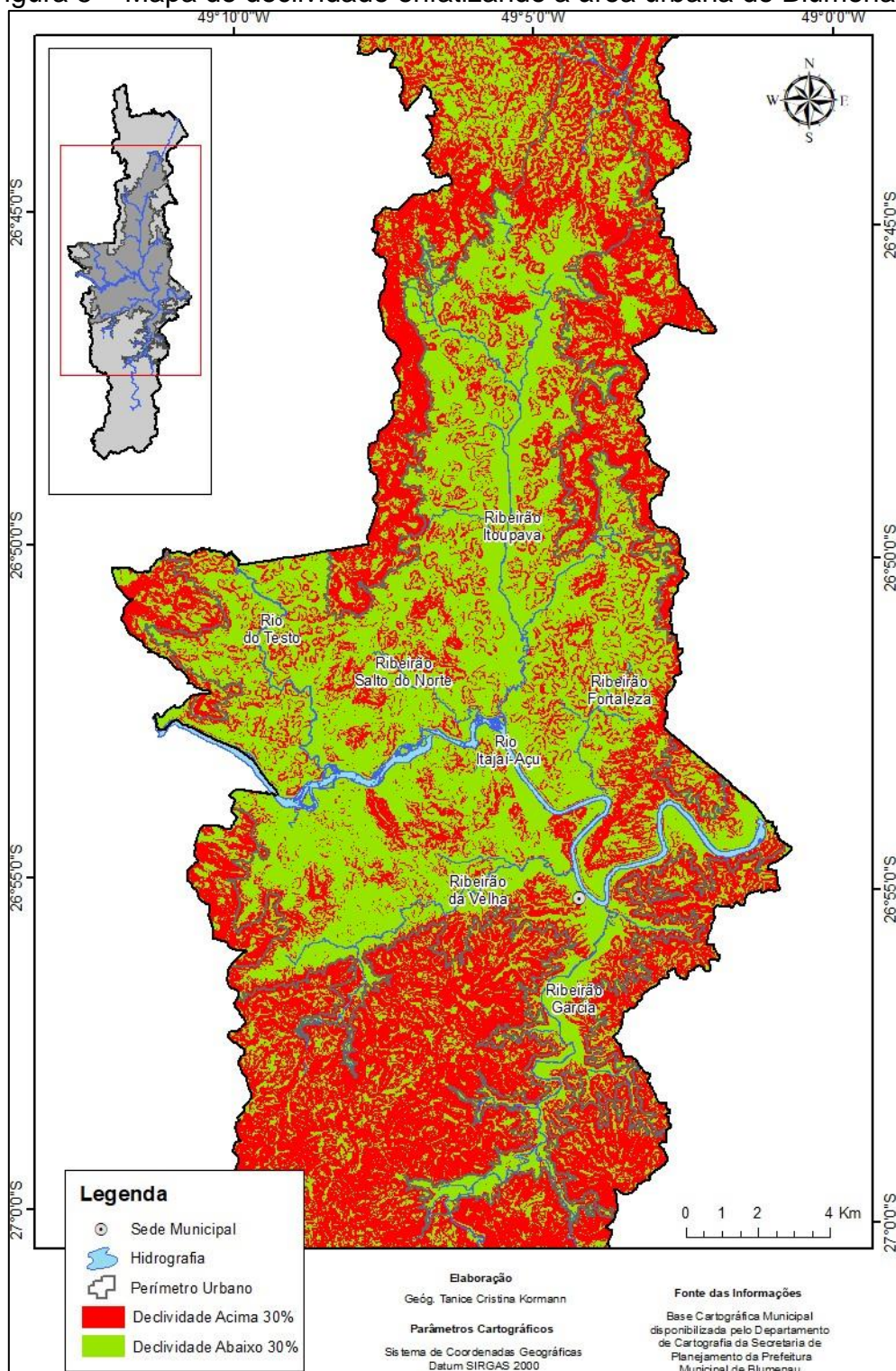
A figura 05 apresenta a distribuição espacial das declividades maiores e menores que 30% para o município de Blumenau. O mapa de declividades demonstra elevada frequência de declividades acentuadas. Se for considerado todo o território municipal, tem-se que 55,35% corresponde a declividades superiores a 30%. Cabe ressaltar que a maior parte dessas situações ocorre na porção sul do município.

Figura 4 – Perfil altimétrico A – B situado na porção norte e perfil altimétrico C – D ilustrando porção sul do município de Blumenau.



Fonte: KORMANN (2014).

Figura 5 – Mapa de declividade enfatizando a área urbana de Blumenau.



Fonte: Organização dos autores.

Levando em consideração apenas a área urbana, o percentual de inclinações compreendidas no intervalo de 0 a 30% é de 70,72%. Por outro lado, 29,28% da área urbana municipal apresenta encostas com inclinações superiores a 30%, ou seja, com restrições a ocupação. Essa constatação permite

considerar que, mesmo dentro da área urbana, há significativo percentual de setores que apresentam restrições à ocupação em função do relevo, fato indicativo da acentuada suscetibilidade a processos de movimentos de massa.

Compartimentação geomorfométrica das encostas

Diversos estudos de cunho geomorfológico têm chamado a atenção para o papel desempenhado pelas porções de convergência dos fluxos de água, tanto em superfície quanto em sub-superfície (DUNNE, 1970; COELHO NETTO, 1999; DIETRICH & DUNNE, 1993; FERNANDES et al., 2001). Trabalhando especificamente com processos de movimentos de massa diversos, autores têm comprovado que porções da encosta onde há convergência de fluxo da água tendem a apresentar maiores registros de movimentos de massa (POZZOBON, 2013; GONÇALVES e FRANCISCO, 2016).

Neste sentido, a caracterização da forma das encostas empregou informações do plano e do perfil de curvatura. O plano de curvatura refere-se ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal (VALERIANO e CARVALHO JÚNIOR, 2003). O perfil de curvatura refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno (VALERIANO, 2003).

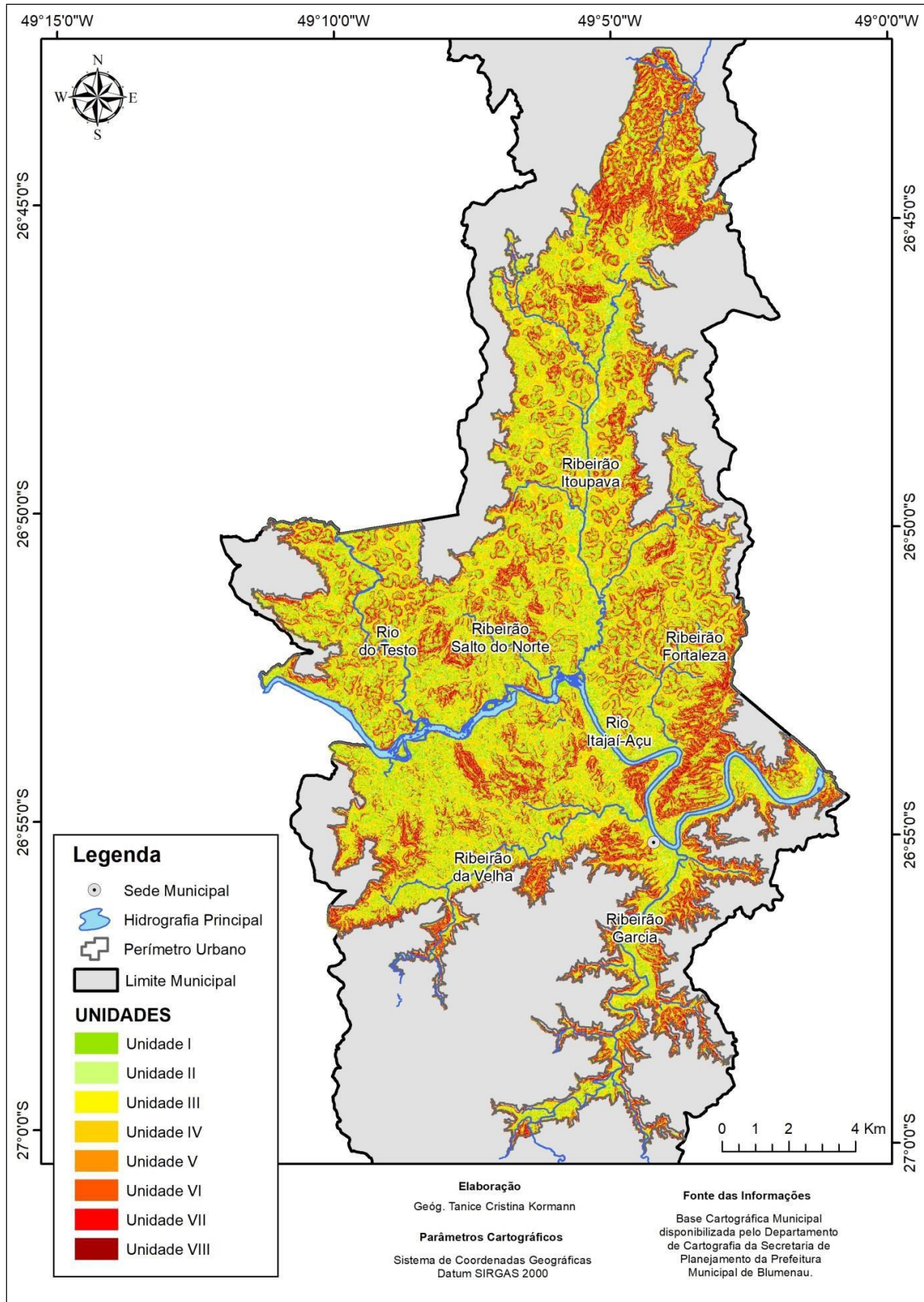
A análise das encostas que compõem a área urbana de Blumenau foi baseada no estudo da inclinação e forma, a partir de agrupamentos formados em um diagrama em árvore. Como resultado, obteve-se um total de oito unidades, com suas respectivas frequências (Tabela 01) e distribuição espacial (Figura 06).

Tabela 1 – Frequência das oito unidades para a área urbana de Blumenau.

Unidades	Área (ha)	Porcentagem (%)
Unidade I	3.985,58	19,96%
Unidade II	1.996,61	10,00%
Unidade III	3.395,35	17,00%
Unidade IV	4.701,79	23,54%
Unidade V	1.999,77	10,01%
Unidade VI	942,35	4,72%
Unidade VII	1.330,87	6,66%
Unidade VIII	1.617,15	8,10%
Total	19.969,46	100

Fonte: Organização dos autores.

Figura 6 – Mapa da compartimentação geomorfométrica da área urbana de Blumenau



Fonte: Organização dos autores.

As unidades I, II, III e IV correspondem às porções de relevo com declividades de até 30%, sendo consideradas com menor potencial de ocorrência de processos de movimentos de massa. Dentre elas, citam-se as Unidade I e Unidade III, que representam porções de encosta menos favoráveis à ocorrência de processo de movimentos de massa, já que, nas formas divergentes, o fluxo tende a ser mais disperso.

Comparativamente, encostas de perfil côncavo (Unidade III) são mais suscetíveis a processos de movimentos de massa que as encostas de perfil convexo (Unidade I). As encostas representadas pela unidade I ocorrem em 19,96% da área urbana municipal, sendo a segunda unidade mais frequente, enquanto as da unidade III ocorrem em 17% da área urbana.

As unidades II e IV representam as encostas com fluxo convergente, o que é indicado pelo plano de curvatura, além de perfil convexo na primeira e côncavo na segunda. A unidade II ocorre em 10% da área urbana municipal, enquanto a unidade IV é a mais frequente, ocorrendo em 23,54% do perímetro urbano municipal. Apesar dos baixos valores de declividade, destaca-se que a combinação de perfil de curvatura côncavo e plano de curvatura convergente da unidade IV permite concentração do fluxo de água na vertente. Tal combinação pode desencadear processos associados a transporte de material ou fluxos hídricos.

As unidades V, VI, VII e VIII representam encostas com declividades superiores a 30%, sendo as mais suscetíveis a processos de movimentos de massa. Diante da predisposição à ocorrência de movimentos de massa nessa faixa de declividade, a realização de cortes e aterros tende a instabilizar a encosta. Dessa forma, a Lei Lehman (BRASIL, 1979) estabelece restrições à incorporação dessas áreas para a implantação de moradias.

Dentre as maiores inclinações, as unidades V e VII são menos suscetíveis por apresentarem fluxos divergentes. A unidade V está presente em 10,01% da área urbana e é a menos suscetível que a unidade VII, que ocorre em pouco mais de 6% da área urbana municipal. Considerando todas as combinações de características de relevo, as formas que apresentam convergência de fluxo são as mais suscetíveis e estão representadas pelas unidades VI e VIII, sendo que a primeira ocorre em somente 4,72% da área urbana. Para essas duas unidades,

a unidade VIII apresenta as condições mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa, sendo verificada em 8,10% da área urbana.

Bairros com maior área de ocorrência da Unidade VIII

A unidade VIII reúne as condições mais propensas à ocorrência de processos de movimentos de massa, já que engloba as maiores inclinações, perfil côncavo e plano convergente, fatores que contribuem para aceleração dos processos e concentração do fluxo hídrico. Dessa forma, essa unidade é tomada como base para a identificação dos bairros com maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa. Os cinco bairros que apresentaram maior percentual de ocorrência da Unidade VIII são apresentados no mapa da Figura 07, enquanto o percentual de cada unidade é detalhado na Tabela 02.

Os bairros Velha Grande e Nova Esperança foram criados com a Lei Complementar nº. 489, de 25/11/2004 (BLUMENAU, 2004), que estabeleceu a nova divisão dos bairros, resultando em um total de 35, enquanto o perímetro urbano anterior contava com 30. Cabe considerar que a alteração no limite desses bairros prejudica a análise do histórico de ocorrências atendidas pela Defesa Civil.

O bairro Velha Grande foi desmembrado a partir do antigo bairro da Velha, que aparece no histórico como o bairro com maior número de ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal, totalizando 718 para o período de 19 anos de registros. O bairro Nova Esperança foi criado a partir de uma fração do Fortaleza e parte do Ponta Aguda, além de novas áreas incorporadas ao perímetro urbano municipal. Os bairros Fortaleza e Ponta Aguda são, respectivamente, o quarto e o quinto com maior frequência de ocorrência de movimentos de massa atendidos pela Defesa Civil Municipal (com 414 e 318 registros respectivamente).

O elevado número de ocorrências de movimentos de massa para os bairros Velha Grande e Nova Esperança indica a combinação da suscetibilidade com condição de vulnerabilidade social. Tal informação encontra respaldo nos dados do IBGE que indicam a existência de áreas definidas como aglomerados subnormais. O bairro Da Glória destaca-se com um total de 20,69% de sua área correspondente a Unidade VIII, aparece no histórico de ocorrências da Defesa

Civil Municipal como sétimo com mais registros, totalizando 229 atendimentos relativos a movimentos de massa para um período de 19 anos de dados.

Figura 7– Mapa da compartimentação geomorfométrica para os cinco bairros com maior percentual de áreas da Unidade VIII.

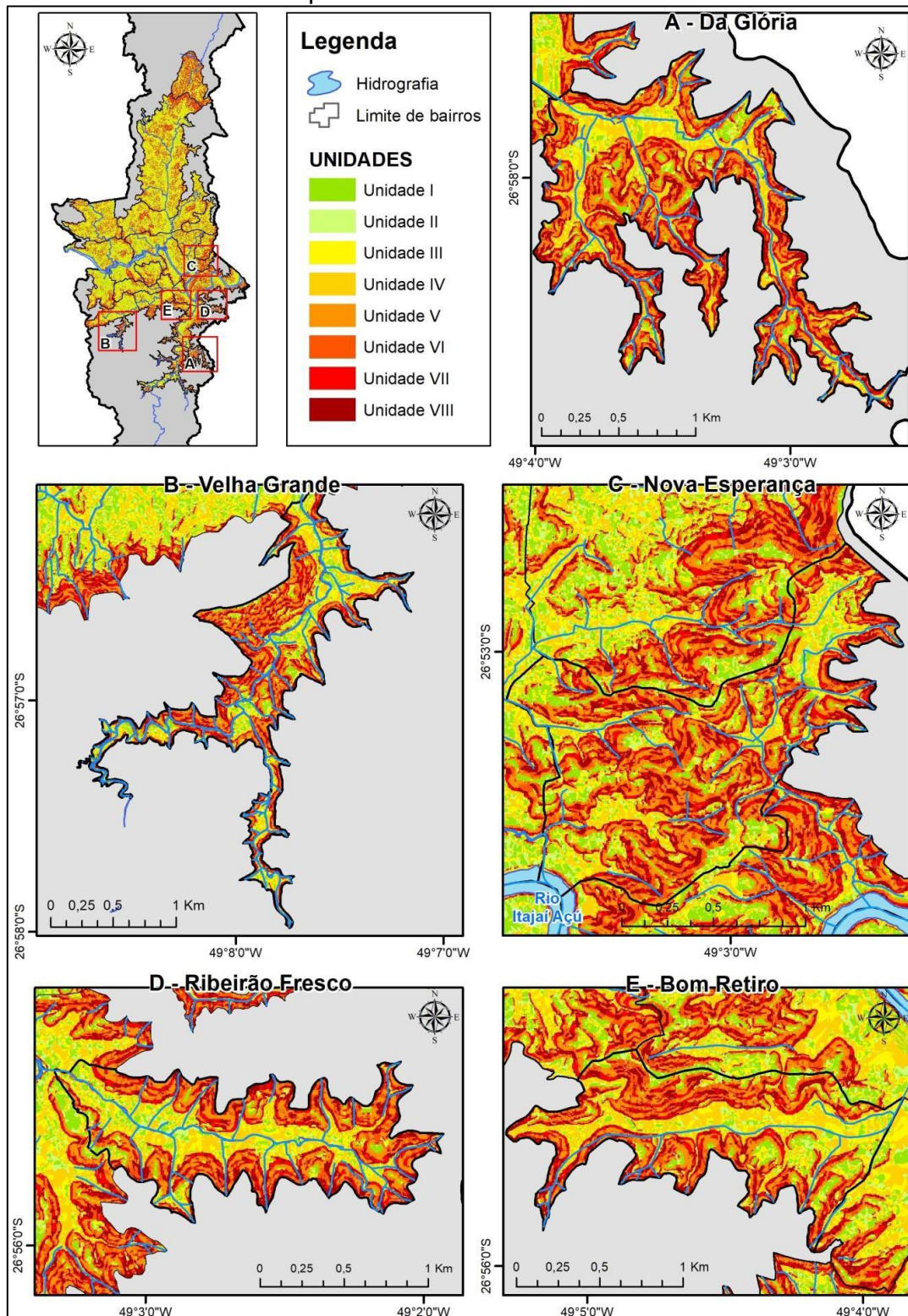


Tabela 2 – Distribuição das Unidades nos bairros com maior percentual de áreas da Unidade VIII.

Bairros	Unidade	Área (ha)	Percentual	Declividade	
DA GLÓRIA	Unidade I	11,34	5,86%	Até 30%	34,57%
	Unidade II	6,04	3,12%		
	Unidade III	16,85	8,70%		
	Unidade IV	32,73	16,90%		
	Unidade V	38,08	19,66%	Acima 30%	65,43%
	Unidade VI	17,76	9,17%		
	Unidade VII	30,84	15,92%		
	Unidade VIII	40,07	20,69%		
Total	193,70	100,00%			
VELHA GRANDE	Unidade I	13,84	8,56%	Até 30%	43,99%
	Unidade II	7,73	4,78%		
	Unidade III	18,95	11,72%		
	Unidade IV	30,60	18,93%		
	Unidade V	27,50	17,01%	Acima 30%	56,01%
	Unidade VI	12,18	7,53%		
	Unidade VII	22,83	14,12%		
	Unidade VIII	28,04	17,35%		
Total	161,66	100,00%			
RIBEIRÃO FRESCO	Unidade I	9,34	7,68%	Até 30%	41,76%
	Unidade II	5,73	4,72%		
	Unidade III	13,59	11,18%		
	Unidade IV	22,11	18,18%		
	Unidade V	23,22	19,09%	Acima 30%	58,24%
	Unidade VI	10,13	8,33%		
	Unidade VII	16,43	13,52%		
	Unidade VIII	21,03	17,30%		
Total	121,59	100,00%			
NOVA ESPERANÇA	Unidade I	22,11	12,03%	Até 30%	40,73%
	Unidade II	10,67	5,80%		
	Unidade III	16,10	8,76%		
	Unidade IV	25,99	14,14%		
	Unidade V	35,68	19,41%	Acima 30%	59,27%
	Unidade VI	19,42	10,57%		
	Unidade VII	22,47	12,22%		
	Unidade VIII	31,39	17,07%		
Total	183,83	100,00%			
BOM RETIRO	Unidade I	13,09	10,01%	Até 30%	44,84%
	Unidade II	6,66	5,10%		
	Unidade III	14,65	11,21%		
	Unidade IV	24,20	18,51%		
	Unidade V	22,56	17,26%	Acima 30%	55,16%
	Unidade VI	12,03	9,20%		
	Unidade VII	17,00	13,01%		
	Unidade VIII	20,51	15,69%		
Total	130,71	100,00%			

Fonte: Organização dos autores.

Os bairros Ribeirão Fresco e Bom Retiro apresentam menos registros de ocorrência de movimentos de massa (respectivamente 58 e 23 registros), quando comparados com os bairros mencionados anteriormente. Ambos têm seu processo de ocupação motivado pela proximidade em relação ao centro urbano. Especificamente no Bom Retiro, o processo de ocupação está associado

à instalação da área da Indústria Hering, que, há mais de um século, se implantou no local, o que acarreta numa diminuição de espaço destinado para ocupação residencial. O menor número de ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal nesses bairros também pode ser explicado pelo menor percentual de área dos bairros ou ainda pela subnotificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os parâmetros de relevo considerados na árvore de decisão, os resultados da compartimentação geomorfométrica indicam que os bairros Da Glória, Velha Grande, Ribeirão Fresco, Nova Esperança e Bom Retiro apresentam maiores restrições à ocupação e, portanto, maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa. Quatro desses bairros estão situados na porção sul do município. Apesar dessa constatação, ressalta-se que tal parte do território municipal é apontada como insegura para a ocupação urbana desde o primeiro Plano Diretor Municipal, no ano de 1977. Neste sentido, os resultados indicam um insucesso nas políticas públicas de planejamento urbano municipal.

Cabe mencionar que os bairros apontados pela compartimentação geomorfométrica como mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa não são totalmente correspondentes aos indicados como mais afetados a partir do histórico de ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal. Esse fato pode estar relacionado à característica das ocorrências atendidas pela Defesa Civil Municipal, geralmente tratando de situações de risco ocasionadas por intervenções humanas pontuais, o que, necessariamente, não depende de condições prévias de suscetibilidade do ambiente, sendo assim, uma suscetibilidade criada e que, portanto, não pode ser apreendida pela escala de trabalho utilizada no geoprocessamento. Outro aspecto a ser considerado é a subnotificação, já que a Defesa Civil tende a ser acionada pela população mais carente, o que implica a ausência de registro de ocorrências em locais onde a população não depende do órgão para se reestabelecer.

Feita essa ressalva, cabe considerar que a compartimentação geomorfométrica mostrou-se um método prático, eficiente e com baixo custo que permite indicar áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa. No que se refere à identificação de situações de risco, seria importante a complementação da análise por meio da obtenção de informações espaciais

referentes ao processo de ocupação, assim como das características socioeconômicas, o que aponta a necessidade de avanço em direção à caracterização da vulnerabilidade da área de estudo.

REFERÊNCIAS

AEROIMAGEM S/A. **Levantamento aerofotogramétrico do município de Blumenau**. Santa Catarina: Aeroimagem S/A, 2003. Fotografia aérea. Escala 1:10.000.

AVILA, M. R. R.; MATTEDI, M. A. Desastre e território: a produção da vulnerabilidade a desastres na cidade de Blumenau/SC. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Vol. 9. n. 2, p. 187- 202. maio/ago, 2017.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003.

BLUMENAU. **Lei Complementar Nº 489, de 25 de novembro de 2004**. “Fixa o novo perímetro urbano do município de Blumenau...”. Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau, SC, 25 nov. 2004. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/b/blumenau/lei-complementar/2004/49/489/lei-complementar-n-489-2004-fixa-o-novo-perimetro-urbano-do-municipio-de-blumenau-sede-e-do-distrito-de-vila-itoupava-e-estabelece-a-nova-divisao-de-bairros-2004-11-25-versao-compilada>. Acesso: 20 jan. 2019.

BLUMENAU. **Decreto Nº 8820, de 23 de novembro de 2008**. “Declara situação de calamidade pública no município de Blumenau”. Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau, SC, 23 nov. 2008. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br/a/sc/b/blumenau/decreto/2008/882/8820/decreto-n-8820-2008-declara-situacao-de-calamidade-publica-no-municipio-de-blumenau-2008-11-23.html>. Acesso: 20 jan. 2013.

BLUMENAU. **Decreto Nº 9337, de 03 de fevereiro de 2011**. “Declara em situação anormal, caracterizada como Situação de Emergência, duas áreas localizadas no município de Blumenau afetadas por enxurradas e inundações bruscas”. Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau, SC, 03 fev. 2011a. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/b/blumenau/decreto/2011/933/9337/decreto-n-9337-2011-declara-em-situacao-anormal-caracterizada-como-situacao-de-emergencia-duas-areas-localizadas-no-municipio-de-blumenau-afetadas-por-enxurradas-e-inundacoes-bruscas.html>. Acesso: 20 jan. 2013.

BLUMENAU. **Decreto Nº 9356, de 11 de março de 2011**. “Declara em situação anormal, caracterizada como Situação de Emergência, áreas localizadas nos bairros Texto Salto e Itoupava Central e no Distrito de Vila Itoupava, neste município, afetados por enxurradas e inundações bruscas”. Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau, SC, 11 mar. 2011b. Disponível

em:<https://leismunicipais.com.br/a/sc/b/blumenau/decreto/2011/936/9356/decreto-n-9356-2011-declara-em-situacao-anormal-caracterizada-como-situacao-de-emergencia-areas-localizadas-nos-bairros-testo-salto-e-itoupava-central-e-no-distrito-de-vila-itoupava-neste-municipio-afetados-por-enxurradas-e-inundacoes-bruscas> Acesso: 20 jan. 2013.

BRASIL. **Lei n. 6.766, de 19 de novembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Presidência da República, Brasília, DF, 19 nov. 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 26 out. 2012.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (org.). **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: Guia para elaboração de políticas municipais.** Brasília: Ministério das Cidades/Cities Alliance, 2006.

COELHO NETTO, A. L. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. In **Supplementi di Geografia Física e Dinâmica Quaternária**, v.3, p. 21-48. 1999.

DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. The channel head. In Beven, K. e Kirkby, M. (Eds.) **Channel Network Hydrology.** Chichester: John Wiley, 1993. p. 175-219.

DUNNE, T. **Runoff production in a humid area.** United States Department of Agriculture Report, ARS-41, 160 p. 1970.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico- geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 123-194.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n.1, p. 51-71, 2001.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** Oficina de Textos: São Paulo, 2008.

GONÇALVES, U. S.; FRANCISCO, C. N. Análise espacial das variáveis geomorfométricas e movimentos de massa na região serrana fluminense. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2016. Vol. 68. n. 9, Out. 2016. P. 1839-1851.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da; (Orgs). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, 394 p.

HERRMANN, M. L. de P. (org.) **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina.** Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa do Cidadão. Florianópolis, 2006. Disponível em: http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/atlas/Atlas_Ceped.pdf Acesso em: 20 fev. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010: resultados divulgados no Diário Oficial da União em 04.11.2010.** Disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/SC2010.p df](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_dou/SC2010.pdf) Acesso em: 08 out. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Aglomerados Subnormais: primeiros resultados (download).** In: **Censo. 2010b.** Disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/ agsn2010.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais/agsn2010.pdf). Acesso em: 16 nov. 2013.

KORMANN, T. C. **Ocupação de encostas no município de Blumenau – SC: Estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa. 2014.** 147 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, 2003. p. 3-52.

MOORE, I.D., GRAYSON, R.B., LADSON, A. R. Digital terrain modeling: A review of Hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, 1991. p. 3-30.

NUNES, L H. **Urbanização e desastres naturais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

POZZOBON, M. **Análise da suscetibilidade a deslizamentos no município de Blumenau/SC: uma abordagem probabilística através da aplicação da técnica de pesos de evidências. 2013.** 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ROBAINA, L. E. de S. Espaço urbano: relação com os acidentes naturais no Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 5, n. 2; dez. 2008. p. 93-105.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000.

SANTOS, G. F. dos. **Vale do Garcia (Blumenau - SC): análise climato-geomorfológica e a repercussão dos episódios pluviais no espaço urbano.** São Paulo, 1996. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade de São Paulo, 1996. 362 p.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. (Org.). **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVEIRA, C. T. OKA-FIORI, C.; SANTOS, L. J. C; SIRTOLI, A. E.; SILVA, C. R.; BOTELHO, M. F. Soil prediction using artificial neural networks and topographic attributes. **Revista Geoderma** 195-196, p. 165-172. 2013.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K. et. al. (orgs.) **Desastres naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. P. 13-23.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v.7, n.3, 2003. p. 539-546, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662003000300022>. Acesso em: 12 nov. 2018.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O, A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v 4, n.1, p.17-29, 2003.

FATORES CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE AGUDO/RS

Angeli Aline Behling; Andrea Valli Nummer; Anderson Augusto Volpato Scoti

DOI: 10.5007/1982-5153.2020v35n74p501

Resumo: Os movimentos de massa são importantes processos geomorfológicos, responsáveis pelo modelado da superfície terrestre. O objetivo deste estudo foi identificar fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS. Para determinar os condicionantes, foram utilizadas informações cartográficas e trabalhos de campo. Onze processos foram identificados, os quais foram representados em mapas temáticos. O resultado indica que os fatores mais significativos são: declividade, contatos entre diferentes tipos de rochas e contato do colúvio com o solo residual (neossolo) ou rocha sedimentar alterada. A metodologia utilizada mostrou-se eficaz, possibilitando qualificar as informações obtidas dos mapas temáticos, cujas escalas de informações eram regionais.

Palavras-chave: Escorregamentos; Colúvios; Declividade

CONDITIONERS FACTORS OF MASS MOVEMENTS IN THE COUNTY OF AGUDO/RS

Abstract: The mass movements are important geomorphological processes, responsible for the modeling of the earth's surface. The objective of this study was identified factors conditioners the mass movements in Agudo county. To determine the conditioners, were used cartographic information and field work. Were eleven processes identified, which were plotted on thematic maps. The result indicated that the most significant factors were: slope, contacts between different types of rocks and contact of the colluvium with residual soil (neosol) or altered sedimentary rock. The methodology used proved to be effective, enabling the qualification of the information obtained from the thematic maps, whose scales of information were regional.

Keywords: Landslides. Colluvium. Slope

FACTORES DE CONDICIONANTES DE MOVIMIENTOS DE MASAS EN EL MUNICIPIO DE AGUDO / RS

Resumen: Los movimientos de masa son procesos geomorfológicos importantes, responsables del modelado de la superficie terrestre. El objetivo de este trabajo fue identificar los factores condicionantes de los movimientos de masa en el municipio Agudo. Para determinar los condicionantes, se utilizaron informaciones cartográficas y trabajos de campo. Fueron identificados once procesos, los cuales fueron representados en varios mapas temáticos. Los resultados indican que los factores más significativos son: la pendiente, los contactos entre diferentes tipos de rocas y contacto del coluvio con el suelo residual (neossolo) o roca sedimentaria alterada. La metodología utilizada se mostró eficaz, permitiendo la comparar las informaciones obtenidas de los mapas temáticos, cuyas escalas de información eran regionales.

Palabras clave: Movimientos de masa. Factores condicionantes. Deslizamientos.

INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são reconhecidos como os mais importantes processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre. Constituem-se no deslocamento de material (solo e rocha) vertente abaixo, sob influência da gravidade, desencadeado pela interferência direta de outros agentes independentes (BIGARELLA, 2003).

O município de Agudo, localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, apresentou a ocorrência de movimentos de massa ao longo dos últimos anos. Conforme a classificação apresentada pelo IBGE (2010), o município de Agudo ocupa três compartimentos geomorfológicos, sendo nas porções mais elevadas topograficamente o Planalto da Serra Geral; nas altitudes médias, o Rebordo do Planalto e nas porções mais baixas, a Depressão Periférica, com destaque para a depressão do Jacuí.

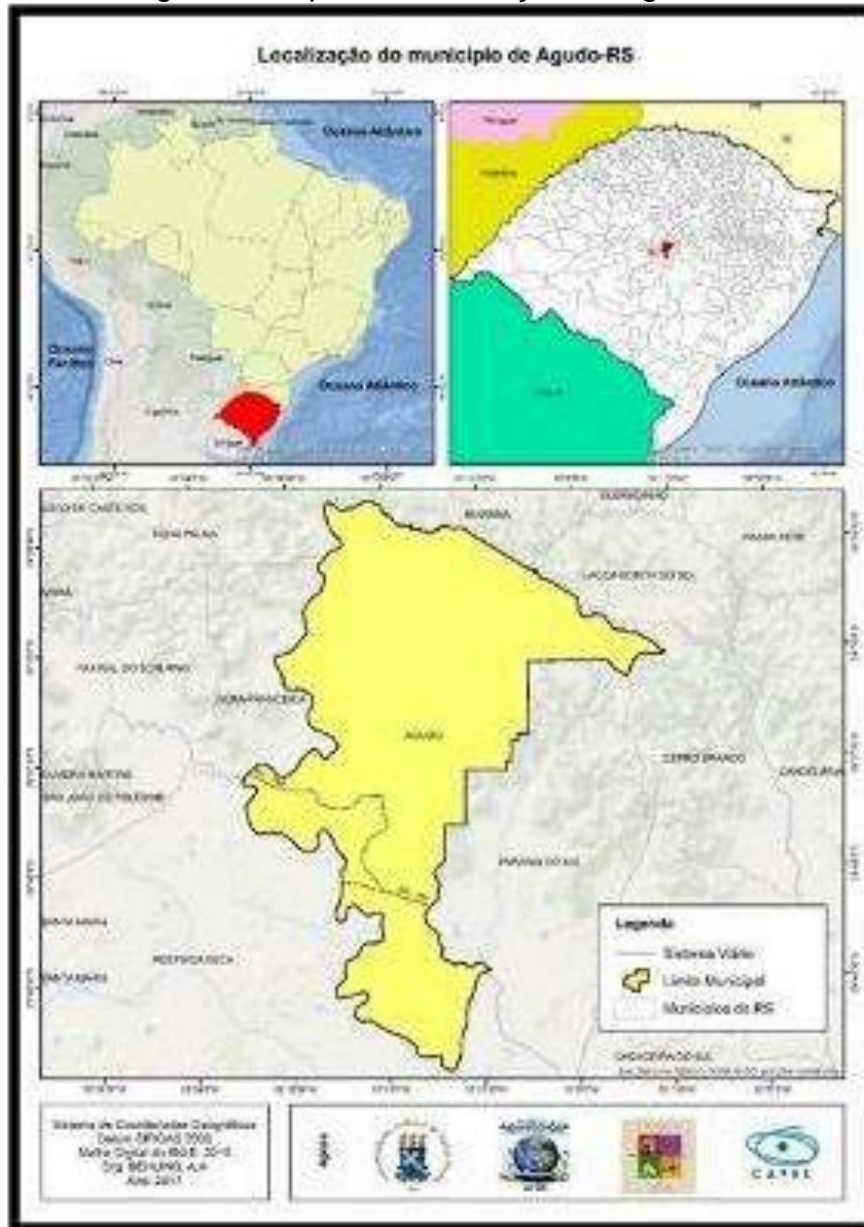
As formas predominantes de relevo no município, conforme Schirmer (2015), são ao norte (planalto da Serra Geral), áreas compostas por uma associação de colinas onduladas, morros e morrotes com vertentes de declividade acentuada; na porção central, o rebordo do planalto, representado por morros e escarpas e, na depressão do Jacuí, ao Sul e sudoeste, colinas suaves e áreas planas associadas à hidrografia.

A escolha da área de estudo deu-se em virtude dos registros de movimento de massa no município e pelo fato da temática ir ao encontro das atividades desenvolvidas pelo Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM).

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os fatores que condicionam os processos de movimentos de massa, com destaque para os escorregamentos, corridas de detrito e rastejo que ocorreram no município de Agudo/RS. Como objetivos específicos: i) fazer um levantamento das cicatrizes dos movimentos de massa ocorridos no município, localizando-os espacialmente; ii) descrever e classificar os processos com base em fatores como: geologia- litologia, solo, hipsometria, declividade, forma de vertente e uso e ocupação; iii) identificar os fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo e como eles comportam-se, possibilitando, assim, ações mitigatórias que promovam o correto planejamento dessas áreas.

O município de Agudo tem seus limites político-administrativos com Ibarama ao norte, Lagoa Bonita e Nova Palma a noroeste, Restinga Seca a sudoeste, Paraíso do Sul ao sul e Cerro Branco a leste (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Localização de Agudo/RS.



PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a elaboração deste trabalho, utilizou-se uma abordagem sistêmica, buscando, assim, discutir, de maneira dialética, a relação entre os componentes do ambiente e, com isso, identificar quais são as características que podem definir a ocorrência ou não dos movimentos de massa com base em fatores condicionantes.

Para a identificação da ocorrência de movimentos de massa, foi realizada, em um primeiro momento, uma interpretação visual de imagens disponibilizadas pelo Google Earth®, onde foram identificadas as cicatrizes, com solo exposto e

associadas a encostas de morros e morrotes, o que poderia configurar escorregamentos, corrida de detritos, leques de deposição de corrida de detritos etc. As informações coletadas remotamente foram validadas em campo.

Procurando qualificar o banco de dados e ampliar a quantidade de informações, buscou-se notícias sobre processos de movimentos de massa no jornal local “Correio Agudense”, abarcando os anos de 2014 e 2015.

Para avaliação dos movimentos de massa no campo, foi utilizado o laudo de vistoria que consta na norma técnica ABNT-NBR 11682- Estabilidade de Encostas, com algumas modificações e adaptações para atender os objetivos deste estudo. Uma das modificações que foi implantada nessa norma foi a classificação dos movimentos em que foi utilizada a de Augusto Filho (1992).

Foram realizadas três visitas a campo, a primeira para identificação dos processos, no ano de 2015, e as demais para aplicar o laudo de vistoria e os registros fotográficos, sendo que a segunda, em outubro de 2016, e a última, em janeiro de 2017, para ter-se um intervalo de tempo e, assim, localizar um número maior de processos decorrentes dos últimos períodos chuvosos.

Nas identificações dos movimentos, foram coletadas informações tais como: localidade (coordenadas geográficas), tipo de evento, área de abrangência, danos causados. Já nas características técnicas, foram avaliados os materiais envolvidos (Solos e/ou rochas), forma da vertente, presença de água, profundidade da superfície de ruptura, uso do solo no entorno, influência antrópica como cortes, aterros, retirada da vegetação, tendo, como modelo, o laudo de vistoria que consta na ABNT-NBR 11682 (2009).

Para os trabalhos de campo, foram utilizados os seguintes materiais: um receptor de GPS modelo Garmim 62 SX – empregado para a coleta de pontos e posterior georreferenciamento dos movimentos de massa; câmera fotográfica, martelo e bússola. Quando não era possível aproximar-se do local da cicatriz, por questões de acesso, utilizou-se a bússola para orientar a direção da visada com relação ao ponto de aquisição do ponto de GPS. Isso orientou a posterior localização dos pontos na imagem do Google Earth.

Os movimentos de massa identificados foram representados nos diferentes mapas temáticos (fatores) elaborados em escala 1:50.000, processados com o auxílio do software ArcGIS® 10.1, procurando compreender a relação dos processos com cada um dos fatores.

Foram elaborados mapas temáticos que correspondem aos fatores condicionantes dos processos de movimentos de massa:

-Geologia - Litologia: Tomou-se como base o Mapa Litológico do município de Agudo, de Schirmer (2012), na escala 1: 50.000.

-Solo: Para a geração do Mapa de Solos, foi utilizada a base georreferenciada organizada por Streck et al (2002) na escala 1:250.000.

-Relevo: Para avaliação dos fatores relativos ao relevo foram elaborados três mapas temáticos: hipsométrico; declividade, forma de perfil e plano de curvatura das vertentes.

-Hipsometria: A hipsometria do município foi definida a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtida pela imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução de 30 metros.

Para a inferência do Mapa Hipsométrico, foram definidas classes em intervalos de 100 metros, as quais possibilitam a individualização dos principais compartimentos topográficos do município. Para cada um dos processos, foi extraído o valor absoluto da altimetria.

-Declividade: O mapa de declividade do município foi gerado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE). O mapa foi definido a partir do fatiamento da declividade em intervalos de valores em porcentagens e seguindo a classificação estabelecida pelo IPT 1981 (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo).

-Forma de perfil e plano de curvatura das vertentes: Para a geração do mapa das formas das vertentes, utilizou-se a imagem SRTM com resolução de 30 metros. Essa informação foi integrada no SIG para auxiliar na definição dos condicionantes a movimento de massa.

-Uso e Ocupação da Terra: A classificação da imagem (mês de novembro de 2015), para a elaboração do mapa de uso e ocupação da Terra, deu-se através do software ENVI 5.1 e, na edição dos mapas finais, utilizou-se o software ArcGIS®. As imagens foram obtidas através do portal on-line (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) da USGS.

Por fim, as informações foram integradas e, através da avaliação dos produtos cartográficos e informações de campo, ocorreu a indicação dos principais fatores condicionantes dos movimentos de massa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os movimentos de massa no município ocorreram em encostas onde não há interferência antrópica, ou seja, encostas com vegetação arbórea endêmica e nos cortes de estradas, atingindo, de forma indireta, a população. No jornal local, foram encontradas três reportagens, dos anos de 2014 e 2015, que abordam, de forma superficial, eventos de movimentos de massa no município. Comumente nas reportagens que o jornal do município repassou para a pesquisa, foi possível observar que, somente em um caso, há o destaque para os movimentos de massa, pois ele obstruiu uma via e impossibilitou o tráfego de pessoas e veículos. Foram identificados 11 processos de movimentos de massa por meio de suas cicatrizes. A Tabela 1 mostra as coordenadas de cada ponto e o tipo de processo identificado.

Tabela 1: Descrição e localização espacial dos eventos relacionados a movimentos de massa.

Pontos	Descrição	Coordenadas UTM
1	Queda	281394 – 6734418
2	Escorregamento em Cunha	281335 – 6734385
3	Escorregamento Rotacional/Rastejo	276383 - 6730427
4	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	279589 – 6729347
5	Escorregamento Planar	280363 – 6727139
6	Escorregamento Planar	282631 – 6726416
7	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	282631 – 6726416
8	Escorregamento Planar	277109 – 6719651
9	Escorregamento Planar	277303 – 6719473
10	Escorregamento Rotacional/ Rastejo	279505 – 6719416
11	Escorregamento Planar/ Corrida de Detrito	281634 – 6719034

Na sequência, foi elaborado um mosaico de fotografias, onde foram agrupados os movimentos de massa:

1º Queda, Escorregamento em Cunha: Os movimentos de queda e ruptura em cunha (Figura 4) ocorreram em talude de corte de estrada em rocha vulcânica coberta por solo residual e tálus, em que os processos de movimentos de massa são controlados pela presença das disjunções horizontais e verticais (quedas) e por falhas tectônicas (em cunha). Nesse mesmo talude, também ocorrem escorregamentos planares associados às falhas e disjunções. Nesses dois processos, há um forte componente antrópico, que é o corte executado para a construção da estrada, pois ele desestabiliza as forças de equilíbrio do talude, facilitando a sua ruptura.

Figura 2: Carta Imagem com localização dos movimentos de massa no município de Agudo.

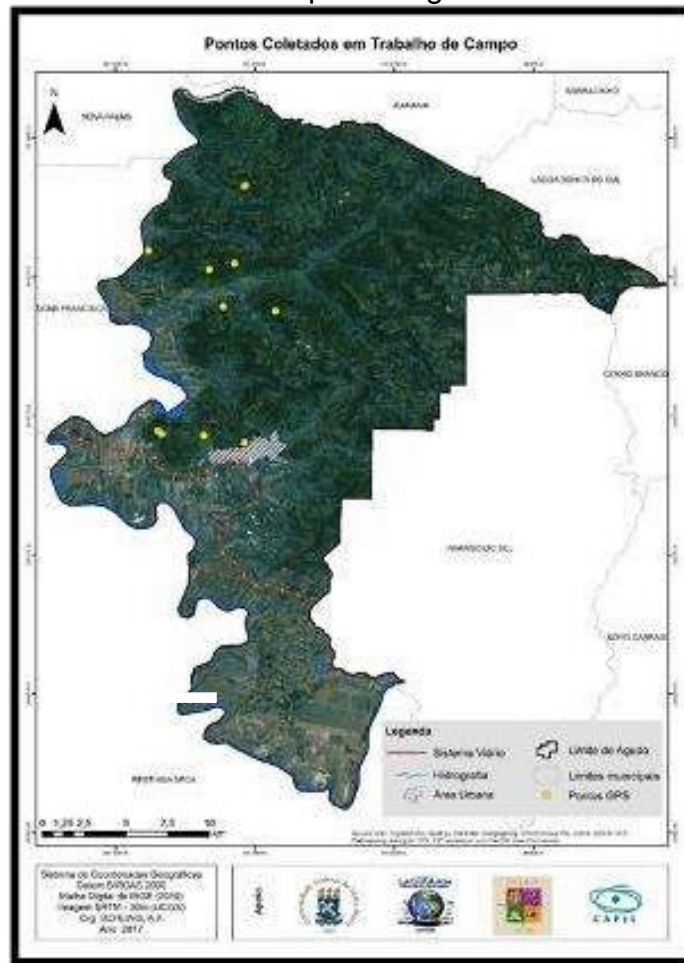


Figura 3: Mosaico: Movimentos de Massa - tipo: Queda e Escorregamento em Cunha - Pontos 1 e 2.



Fonte: Google Earth

A vegetação na área desses movimentos de massa é predominantemente arbórea de porte média a alta. O relevo é do tipo escarpado com perfil côncavo, e plano de curvatura divergente. As superfícies de ruptura ocorrem no contato

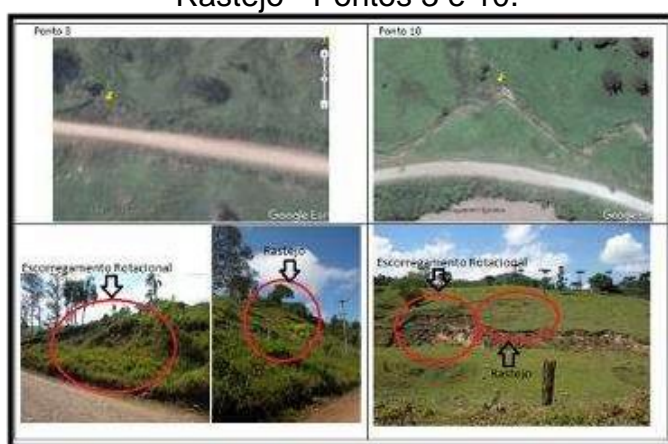
rocha- rocha (escorregamento em cunha, escorregamento planar e queda). Em alguns locais, as quedas podem estar associadas à presença de rocha alterada.

2º - Escorregamento Rotacional; Rastejo: Os escorregamentos rotacionais (Figura 5) ocorrem de forma localizada e estão relacionados diretamente aos taludes de corte de estradas ou dos cursos de água. O corte na base do talude (estrada) ou a erosão (rio) criam uma instabilidade na encosta.

As áreas onde foram identificados os escorregamentos apresentam vegetação composta por gramíneas (nessas áreas, a vegetação arbórea foi substituída), a drenagem é natural em condições satisfatórias, isto é, ela flui, não permanecendo no sistema. O relevo é ondulado a escarpado e a forma da vertente é côncavo-divergente. Durante a vistoria de campo, o solo estava em uma condição de saturação com surgência de água no contato do colúvio com o solo residual.

Os escorregamentos rotacionais têm a sua superfície de cisalhamento no contato do colúvio e solo residual com a rocha alterada. Os rastejos ocorrem em material coluvionar sobre solos residuais, abrangendo uma área significativa. São identificados pela presença de blocos de rocha ou linhas de pedras e trincas no terreno. A superfície de ruptura dá-se no contato do colúvio com o solo residual, ou localmente no colúvio sobre rocha alterada (Figura 5).

Figura 4: Mosaico: Movimentos de Massa - tipo: Escorregamento Rotacional e Rastejo - Pontos 3 e 10.



Fonte: Google Earth

3º - Escorregamento Planar: São processos rápidos que deixam cicatrizes retilíneas de solos expostos. Foram identificados em maior quantidade e estão

localizados em áreas de declividades acentuadas, tendo o seu início no topo das encostas (Figura 6). São processos rasos associados à presença de colúvios/tálus sobre rochas alteradas de origem sedimentar (arenitos).

A vegetação é predominantemente arbórea de porte médio a alta. A drenagem natural em condições satisfatória (água fluindo do sistema), o relevo é escarpado em vertentes côncavo-divergentes (ponto 5), côncavo-convergente (ponto 6), convexos-convergente (ponto 8 e 9). As superfícies de ruptura de todos os escorregamentos dão-se no contato do colúvio com a rocha alterada, também se percebe que os processos têm início no contato nas rochas vulcânicas com as sedimentares, o que pode ser associado à maior disponibilidade de água nessas áreas.

Figura 5: Mosaico: Movimento de Massa - tipo: Escorregamento Planar - Pontos 5, 6, 8 e 9.



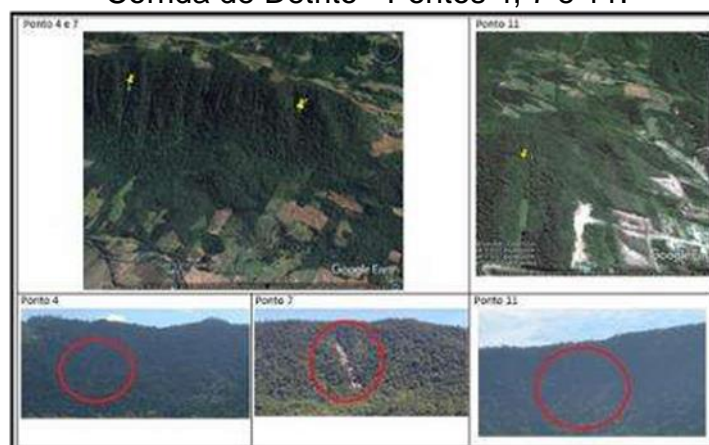
Fonte: Google Earth

3º - Corrida de Detrito e Escorregamento Planar: Os processos classificados como corridas de detritos estão associados a escorregamentos planares, isto é, iniciam como escorregamentos e, depois, encontram um curso de água de primeira ordem, onde se encaixam e por meio dos quais os detritos descem pela encosta. São processos rápidos, restritos aos cursos de água, onde mobilizam um certo volume de material que, nessa região, não é muito significativo. Depositam uma variedade de materiais em sua área de dissipação como: blocos de rocha (vulcânicas), finos como areias, siltes e argilas, galhos de árvores etc.

Iniciam em áreas bastante declivosas e de grande altitude, o que justifica o difícil acesso a esses locais, sendo possível somente avaliar o material já depositado (Figura 7).

A drenagem é natural, o relevo é escarpado, a sua vertente é côncavo-convergente (onde ocorrem as corridas de detritos). O início do processo dá-se pelo aparecimento de um escorregamento planar numa vertente convexo-divergente, que está ligada lateralmente a uma vertente côncavo-convergente, onde passa a ocorrer as corridas de detrito.

Figura 6: Mosaico: Movimentos de Massa - tipo: Escorregamento Planar e Corrida de Detrito - Pontos 4, 7 e 11.



Fonte: Google Earth

Os processos identificados em campo e descritos utilizando-se o laudo de vistoria foram locados nos diferentes mapas temáticos que representam os fatores que condicionam os movimentos de massa, procurando identificar de que forma eles contribuem para que os eventos ocorram.

Fatores Condicionantes aos movimentos de Massa

Geologia – Litologia - as litologias encontradas na área de estudo, compõem parte da Bacia Sedimentar do Paraná, são elas: Grupos Rosário do Sul (Formações Santa Maria e Caturrita) e São Bento (Formações Botucatu e Serra Geral).

A maior parte das ocorrências de movimentos de massa está associada a locais onde se encontram a Formação Serra Geral e Caturrita, localizados em taludes de cortes de estradas e encostas naturais.

Na Tabela 2, encontram-se os movimentos de massa observados em campo e seus respectivos aspectos litológicos. Devido à escala do mapa, nem todos os pontos corresponderam às litologias identificadas em campo, principalmente, os escorregamentos planares e corridas de detritos (pontos 4, 6 e 7), que têm início no contato das rochas vulcânicas com as sedimentares.

Tabela 2: Formação Litológica dos movimentos de massa, assinalados os resultados que há correspondência entre os dados de campo e laudo.

Pontos	Processos	Formações Mapas	Formações Laudos
1	Queda	Vulcânica	Vulcânica
2	Escorregamento em Cunha	Vulcânica	Vulcânica
3	Escorregamento Rotacional/Rastejo	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar
4	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Vulcânica	Sedimentar
5	Escorregamento Planar	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar
6	Escorregamento Planar	Vulcânica	Sedimentar
7	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Vulcânica	Sedimentar
8	Escorregamento Planar	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar
9	Escorregamento Planar	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar
10	Escorregamento Rotacional/Rastejo	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar
11	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Arenito fluvial fino e maciço	Sedimentar

Os colúvios são compostos por blocos de rocha ígneas e até mesmo sedimentares, com matriz areno-siltosa a argilosa, pouco espessa (principalmente, em áreas de declividade acentuada) e, na maioria das vezes, encontra-se sobre um solo residual raso (escorregamentos planares e corridas de detritos) ou até mesmo sobre solos residuais mais espessos e rocha sedimentar alterada (escorregamentos circulares).

A diferença de permeabilidade do colúvio (que é maior) para o solo residual e/ou rocha alterada (menor) possibilita que a água escoe no contato desses materiais, originando uma superfície de ruptura devido à queda da resistência ao cisalhamento pela poropressão. Esse fato vai ao encontro do trabalho de Silveira (2010), que destaca que a infiltração da água no interior do talude causa aumentos significativos de poropressão, diminuindo a resistência ao cisalhamento dos materiais.

Solo - Os solos que ocorrem no município de Agudo são do tipo: Nitossolos, Argissolos brunos, Argissolos vermelhos, Neossolos e Planossolos.

Os processos de movimentos de massa ocorreram em dois tipos principais de solo: nos Neossolos (escorregamentos planares e corridas de detritos) e nos Argissolos (escorregamentos rotacionais).

Os escorregamentos e as corridas de detritos que ocorreram nas encostas, em declividades acentuadas, estão relacionados ao contato do colúvio com o solo residual raso (Neossolos). Da mesma forma, os escorregamentos rotacionais, que são comuns em solos mais espessos, ocorreram nos Argissolos. Na Tabela 3, encontram-se os tipos de solos e os processos identificados no município.

Tabela 3: Associação entre os tipos de movimentos de massa e os tipos de solos.

Pontos	Processo	Solos
1	Queda	Neossolo Litólicos Chernossólicos
2	Escorregamento em Cunha	Neossolo Litólicos Chernossólicos
3	Escorregamento Rotacional/Rastejo	Argissolos Bruno-Acinzentado Alítico
4	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Neossolo Litólicos Chernossólicos
5	Escorregamento Planar	Neossolo Litólicos Chernossólicos
6	Escorregamento Planar	Neossolo Litólicos Chernossólicos
7	Escorregamento Planar/ Corrida de Detrito	Neossolo Litólicos Chernossólicos
8	Escorregamento Planar	Neossolo Litólicos Chernossólicos
9	Escorregamento Planar	Neossolo Litólicos Chernossólicos
10	Escorregamento Rotacional/ Rastejo	Argissolos Bruno-Acinzentado Alítico
11	Escorregamento Planar/ Corrida de Detrito	Neossolo Litólicos Chernossólicos

Hipsometria - As informações hipsométricas estabelecem uma visualização dos dados altimétricos do município, essencial para a sistematização dos diferentes compartimentos topográficos.

A hipsometria do município é marcada pela presença de altitudes menores de 100 a maiores de 600 metros. As altitudes inferiores a 100 metros marcam as áreas planas junto à planície de inundação do Rio Jacuí, que se localiza longitudinalmente em toda parte oeste do município (desde o noroeste a sudoeste), bem como em áreas próximas aos arroios.

As altitudes situadas entre 100 e 200 metros correspondem a áreas onduladas, localizadas na porção central do município. Já as altitudes de 300 a 400 metros localizam-se na parte norte, associadas às áreas de morros e morrotes. As altitudes de 500 a 600 metros encontram-se na parte norte, local de transição da Depressão Central com o Planalto Meridional Brasileiro.

Declividade - As declividades situadas entre 5 e 15% destacam-se na porção central do município, não se identificaram movimentos de massa nessa faixa de declividade. Nas faixas de 15 a 30%, que se distribuem longitudinalmente de norte ao sul, e no oeste do município, constataram-se movimentos associados a cortes de estradas. Na Tabela 5, encontram-se o processo, a faixa de declividade e a declividade exata do ponto.

Tabela 4: Declividade dos pontos coletados do município de Agudo - RS.

Pontos	Processo	Declividade Mapa	Declividade Exata
1	Queda	> 45%	58,35%
2	Escorregamento em Cunha	> 45%	47,70%
3	Escorregamento Rotacional/Rastejo	15- 30%	29,46%
4	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	>45%	86,67%
5	Escorregamento Planar	> 45%	65,50%
6	Escorregamento planar	>45%	89,19%
7	Escorregamento Planar/ Corrida de Detrito	> 45	68,07%
8	Escorregamento Planar	30 – 45%	39,13%
9	Escorregamento Planar	15 – 30%	26,90%
10	Escorregamento Rotacional/ Rastejo	15 – 30%	18,77%
11	Escorregamento Planar/ Corrida de Detrito	30 – 45%	42,21%

Forma da Vertente - Foram comparadas as classificações das vertentes no mapa com o laudo de campo e houve algumas disparidades, principalmente, em relação ao plano de curvatura das vertentes.

Os escorregamentos planares e corridas de detritos ocorrem em vertentes, cujo perfil é predominantemente côncavo e plano de curvatura convergente, o que vai ao encontro com o trabalho desenvolvido por Scooti et al (2016), em que os autores destacam que os planos de curvatura convergentes proporcionam a concentração e o acúmulo de água, o que pode facilitar a ruptura.

Já os escorregamentos rotacionais ocorrem em vertentes de perfil côncavo e plano de curvatura convergente, perfeitamente justificável pelo acúmulo de água na base da vertente. Nesses processos, houve uma diferença na classificação do plano de curvatura da vertente no mapa (divergente) e no campo (convergente). Isso pode ser explicado pela escala do mapa que avalia a vertente de forma mais abrangente, diferente do campo que avalia a vertente no local da ruptura, onde o seu plano já se encontra modificado pelo processo. A Tabela 6 mostra a classificação das vertentes no mapa e no campo

Tabela 5: Forma da vertente dos pontos coletados no município de Agudo – RS

Ponto	Processo	Curvaturas - Mapa	Curvatura - Laudo
01	Queda	Côncavo – Divergente	Côncavo - Divergente
02	Escorregamento em Cunha	Convexo – Divergente	Convexo - Divergente
03	Escorregamento Rotacional/Rastejo	Côncavo – Divergente	Côncavo - Convergente
04	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Convexo – Convergente	Côncavo - Convergente
05	Escorregamento Planar	Côncavo – Divergente	Côncavo - Divergente
06	Escorregamento Planar	Côncavo – Convergente	Côncavo - Convergente
07	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Convexo – Divergente	Côncavo - Convergente
08	Escorregamento Planar	Convexo – Divergente	Convexo- Convergente
09	Escorregamento Planar	Côncavo – Divergente	Côncavo – Divergente
10	Escorregamento Rotacional/Rastejo	Côncavo – Divergente	Côncavo - Convergente
11	Escorregamento Planar/Corrida de Detrito	Convexo – Divergente	Convexo - Convergente

Uso e ocupação da Terra - Grande parte da população do município reside na área rural, onde a maioria dos processos de movimentos de massa foi identificada. As áreas íngremes, muitas vezes, são utilizadas para a produção de alimentos, que servem para subsistência e/ou para a venda, sendo que, nesses locais, ocorre a retirada da vegetação arbórea para o desenvolvimento da agricultura.

Definição dos fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo – RS

Foram analisados os fatores geológicos, solos, geomorfológicos, padrões morfométricos e de uso e ocupação da terra para que se pudesse definir quais contribuem para ocorrência de processos de movimentos de massa.

Os fatores que condicionam os movimentos estão relacionados, primeiramente, à declividade (entre 26% e 89%), à presença de material coluvionar recobrimdo a encosta (sobre Neossolo raso ou rocha sedimentar alterada) e à forma de perfil e plano de curvatura das vertentes predominantemente côncavo- convergente ou côncavo-divergente, o que demonstra que há uma concentração do fluxo de água que facilita o surgimento dos processos.

A hipsometria não pode ser considerada como condicionante de movimentos de massa, porém baliza a cota, a partir da qual os processos começam a ocorrer (cicatrizes), o que, na área de estudo, seria acima de 151m, essa altitude correspondendo à base do Rebordo do Planalto e ao início da encosta com declividades acentuadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma resumida, é possível elencar os fatores que são condicionantes dos processos avaliados: declividade, presença de colúvios, descontinuidades referentes a contato entre rochas de comportamentos diferentes (vulcânicas e sedimentares), forma da vertente que interfere na concentração de água, que é o fator que deflagra os movimentos.

Pode-se concluir que a presença da vegetação natural não inibe as ocorrências dos movimentos de massa, visto que esses processos são naturais e essenciais para evolução dos modelados que compõem o rebordo do planalto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: **Estabilidade de Encosta**. Rio de Janeiro, 2009.

AUGUSTO FILHO, Oswaldo. Caracterização Geológica-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encosta: uma Proposta Metodológica. In: 1ª COBRAE, Rio de Janeiro, 1992. **Anais...** ABMS/ABGE, v.2, p. 721-733

BIGARELLA, João José. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol 3. Florianópolis. Editora da UFSC, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo de 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de jan. de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981.

SCCOTI, Anderson Augusto Volpato; ROBAINA, Luis Eduardo de Souza; TRENTIN, Romario. Estudo do relevo da bacia hidrográfica do rio Ibicuí com base em parâmetros morfométricos – oeste do Rio Grande do Sul. **Geo UERJ**, n. 29, p. 1-19, 2016.

SHIRMER, Gerson Jonas. **Mapeamento Geoambiental dos Municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma e Pinhal Grande – RS**. 2012. Dissertação (Mestrado em geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SILVEIRA, Claudinei Taborda. **Análise do relevo na Predição de Unidades Preliminares de Mapeamento de Solo: integração de Atributos Topográficos de Sistemas de Informações Geográficas e redes Neurais**

Artificias. 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

STRECK, Edegar Valdir; KAMPF, Nestor; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; KLAMT, Egon; NASCIMENTO, Paulo César do; SCHNEIDER, Paulo. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Editora da UFRGS. Porto Alegre, 2002.

ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE ALEGRETE, RIO GRANDE DO SUL: PROBABILIDADE E ESPACIALIZAÇÃO DO PERIGO

Daniel Junges Menezes; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

DOI: 10.14393/RCG217450113.

Resumo: As inundações são o perigo natural mais comum, afetando mais pessoas e causando mais danos do que qualquer outro tipo de perigo. Este trabalho apresenta uma metodologia para determinar a probabilidade e a espacialização das áreas sob ameaça de inundação na cidade de Alegrete, que é um dos municípios do estado com maior quantidade de registros de inundações. 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. Em Alegrete, as áreas sujeitas a processos de inundação configuram a expressiva porção de 30,8% da área urbana, mas, considerando as áreas efetivamente ocupadas, representam um pouco mais de 3%. Esse número é muito importante, pois as inundações com tempo de retorno de 20 anos atingem 52 ha do total da área edificada. A elevada área que pode ser afetada e a significativa porção já afetada resultam em uma complexa gestão e planejamento da ocupação urbana.

Palavras-chave: Alegrete. Inundações. Perigo. Mapeamento.

FLOOD STUDY IN THE ALEGRETE CITY, RIO GRANDE DO SUL: PROBABILITY AND SPACIALIZATION OF THE HAZARD

Abstract: Floods are the most common natural hazard, affecting more people and causing more damage than any other type of hazard. This work presents a methodology to determine the probability and spatialization of flooded areas in Alegrete city, which is one of the city in the state with the highest amount of flood records. The analysis of the spatial dynamics of the floods was based on the projection of water levels on the digital terrain model. A relation was established between quota recorded in the river and altimetric quota in the terrain modeled, being estimated the areas reached and established as susceptible to flood. In Alegrete, the areas subject to flooding processes represent the expressive portion of 30.8% of the urban area. Considering the effectively occupied areas, they represent a little more than 3%. This number is very important because the floods with a return time of 20 years, reach 52ha of the total built area. The high area that can be affected and the significant portion already affected results in a complex management and planning of the urban occupation.

Keywords: Alegrete. Floods. Hazard. Mapping.

INTRODUÇÃO

Os eventos naturais ocorrem de forma independente das atividades humanas, por outro lado, para efeitos práticos, grande parte do sistema social também pode ser considerada como operante, de forma independente dos eventos naturais. A Geografia aborda as interações entre sociedade e natureza de forma espacialmente localizada e atribui valor aos lugares, aos seus habitantes e às suas características, para compreensão dos desastres naturais e estuda esses processos, observando as suas consequências (REBELO, 2008, CUTTER et al., 2008)

Para Marandola Junior e Hogan (2004) e Burton et al. (1993), nem todos os fenômenos naturais são considerados perigosos, mas apenas aqueles que

estão ocorrendo em áreas ocupadas pelo homem, gerando danos e perdas. Portanto, um evento perigoso não é natural em si, mas se trata de um evento que ocorre na interface sociedade-natureza (MARANDOLA JUNIOR. e HOGAN, 2004, p.98). Dessa forma, a terminologia “perigo” (ou ameaça) indica condição com potencial para causar uma consequência desagradável.

Conforme Westen et al. (2006), o perigo pode ser expresso como a probabilidade de ocorrência dentro de um período de referência. Ele se dá em função da probabilidade espacial, relacionada a fatores ambientais estáticos, que remetem às características do terreno e à probabilidade temporal, relacionada indiretamente a alguns fatores ambientais e diretamente a fatores dinâmicos, como variáveis hidrológicas.

Para Julião et al. (2009), o perigo indica o processo (ou ação) natural, tecnológico ou misto, suscetível de produzir perdas e danos identificados. A suscetibilidade remete à propensão de uma área para ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações.

A conceituação clássica do glossário da Defesa Civil (CASTRO, 1998) define perigo como “qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade”. A tendência moderna é substituir o termo por ameaça. Por sua vez, a “ameaça” é entendida pela International Strategy Disaster Reduction – ISDR (UNISDR, 2009) como “Prenúncio ou indício de um evento desastroso”.

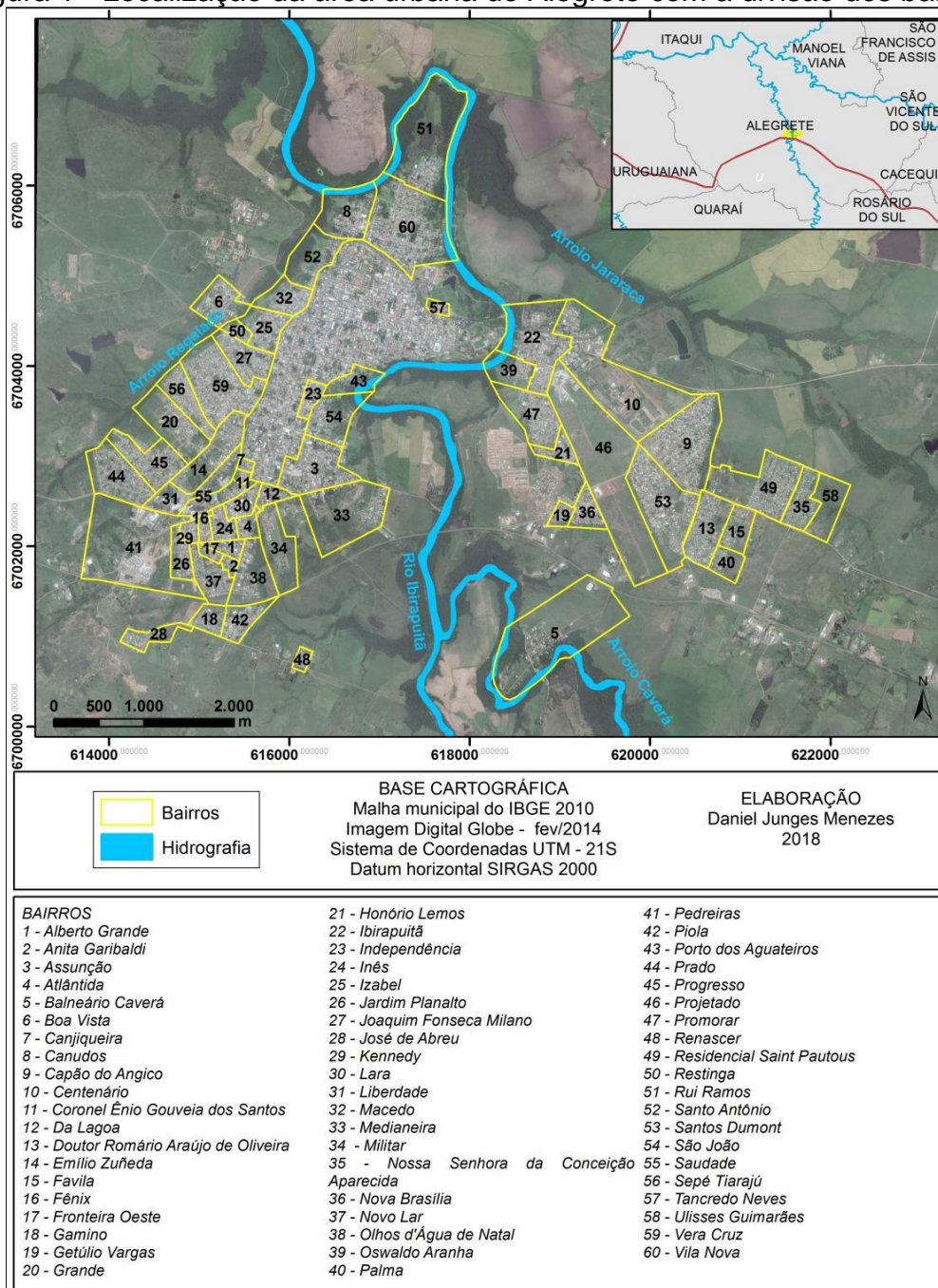
Portanto, neste trabalho, consideram-se como áreas de perigo as porções sujeitas a inundações, portanto suscetíveis e que, ocupadas, podem causar danos em função da sua ocorrência.

As inundações são o perigo natural mais comum, afetando mais pessoas e causando mais danos do que qualquer outro tipo de perigo (KUSKY, 2008). Conforme Eckhardt (2008), a inundação está associada ao excesso de volume de água, que, não drenado pelo canal principal (leito menor), inunda as áreas ribeirinhas (leito maior ou planície de inundação).

Este trabalho apresenta, como objetivo, o desenvolvimento de uma metodologia para determinar a probabilidade e a espacialização das áreas sob ameaça de inundação na cidade de Alegrete/RS. Dentre os municípios gaúchos que apresentam uma grande recorrência e uma grande quantidade de registros

de inundações, está o município de Alegrete (Robaina et al., 2013; Menezes e Scoti, 2013), que tem a cidade posicionada às margens do rio Ibirapuitã, junto ao médio curso da bacia hidrográfica com coordenadas UTM 6700000 a 67060000 e 613500 a 622000 Fuso 21S. Na Figura 1, é apresentado o mapa de localização da cidade de Alegrete com a divisão dos bairros e a rede de drenagem da cidade.

Figura 1 - Localização da área urbana de Alegrete com a divisão dos bairros.



Fonte - os autores

Os custos relacionados às inundações são diretos, como a perda de móveis e utensílios das residências, problema nas vias públicas e a veiculação hídrica de doenças. Os custos indiretos relacionam-se à depreciação de moradias e bairros, limpeza de logradouros e propriedades e assistência a desalojados.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A base cartográfica do trabalho baseou-se no Modelo Digital do Terreno (MDT), que foi gerado a partir da interpolação de curvas de nível com equidistância de cinco metros, rede hidrográfica (em feições do tipo polígono e do tipo linha), limite da área urbana, além dos pontos obtidos em levantamento planialtimétrico nas áreas que margeiam o rio Ibirapuitã.

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,2006), 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°47'22,0036"S e -55°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 (Figura 2).

Figura 2 - Medições dos níveis do rio junto às réguas da margem.



Fonte - Trabalho de campo, janeiro de 2016. Org.: os autores, 2018.

Utilizando funcionalidades do Excel (licenciado para o Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM) e Past (software livre), resíduos foram analisados e obtidas medidas de dispersão, sendo a significância estatística obtida através do teste t-Student, com intervalo de confiança de 95% ($\alpha < 0,05$), estatística utilizada para pequenas amostras. As cotas medidas e as cotas padronizadas a partir da régua apresentaram coeficiente de determinação (r^2), que é igual ao coeficiente de correlação (r) elevado ao quadrado. A análise dos resíduos (Tabela 1) apontou um erro médio de 0,02 m, erro padrão de 0,03 m e desvio padrão de cerca de 0,10 m.

O intervalo de confiança de 95% do t- Student para 11 amostras foi de 0,069 m, apontando resíduos entre

-0,045 e 0,09 m, respectivamente, como limites inferior e superior. Estes referem-se aos pontos finais do intervalo de confiança, estabelecendo uma faixa de 0,138 m como medida dessa incerteza em relação à média.

Tabela 1 - Sumário estatístico – Relação nível linimétrico e cota altimétrica.

Estatística	Valores (m)
Variância	0,011
Desvio Padrão	0,103
Erro Padrão	0,031
Int de Confiança 95%	0,069
Média	0,025
Limite +	0,094
Limite -	-0,045
Amplitude (+-)	0,138

Fonte - Os autores, 2018.

Os graus de perigo foram estabelecidos em função dos tempos de retorno (probabilidade de ocorrência) e cotas que marcam essas inundações (severidade).

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 conseqüente probabilidade de excedência, sendo, então, estimados os valores entre 0 e 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.

A severidade das inundações para a área urbana de Alegrete esteve associada à altimetria de 71,83 m (correspondente à cota linimétrica de 5,34 metros, o menor valor dentre as máximas anuais registradas) e à altimetria de 81,7 (linha de inundação medida). A amplitude desses valores (9,92 m) corresponde à amplitude do limite vertical de uma inundação e, então, à severidade desse processo. Da mesma forma, a amplitude desses valores foi padronizada para valores de 0 a 1 (onde 1 é a altura máxima da inundação e 0, a mínima), correspondendo à severidade.

Desse modo, estabeleceu-se para as inundações um índice de perigo (entre 0 e 1), considerando, como elementos, o tempo de retorno (expresso em probabilidade) e magnitude (severidade). Essa proposta metodológica pode ser expressa a partir da seguinte fórmula:

$$P = [p(\text{TR})] + [\text{Sp}]$$

Onde: Perigo “P” é a soma da probabilidade “p” associada a um determinado Tempo de Retorno “TR” e da severidade padronizada “Sp”, sendo $P = (0 \leq P \leq 1)$.

Critério semelhante foi adotado para as áreas junto ao arroio Caverá, onde, não existindo medições linimétricas, foram estimadas recorrências em função de observações de campo, sendo estimadas probabilidades para as inundações com magnitude igual aos eventos recentes, dos anos de 2009 e 2017. Foi considerada, para a severidade, a cota altimétrica de 76,5 m, junto ao arroio, e a cota de inundação de 2015 medida no perfil Caverá, de 83,75 m. Para os processos associados à porção montante do arroio Regalado, foram utilizados índices arbitrários de 0,1 a 0,35, conforme a distância do canal, onde, de maneira geral, os processos caracterizam-se pela grande recorrência, mas pouca severidade, em relação às inundações do rio Ibirapuitã.

RESULTADOS

Estabelecido o levantamento altimétrico, obtido o modelo digital do terreno da área urbana de Alegrete e estabelecida 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 atributo prévio para a espacialização das áreas inundáveis, tomou-se a cota de 82 m na área urbana de Alegrete, em acordo com o Plano Diretor, Lei nº 2.679, de 05 de junho de 1996 do Município de Alegrete, que foi atualizado para se adequar às diretrizes contidas no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001) (BRASIL, 2001).

O contexto deste levantamento esteve associado à inundação de dezembro do ano de 2015 (Figura 3), considerada um evento extremo, em termos de magnitude e recorrência pela Defesa Civil e moradores. O Relatório Gerencial de Danos Informados do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) estimou 1.159 desabrigados, 3.841 desalojados, com um total de 5.000 afetados diretos.

Figura 3 - Inundação do rio Ibirapuitã sobre a área urbana de Alegrete – 21/25 de dezembro de 2015.



Fonte - Prefeitura Municipal de Alegrete, 2015.

A partir do levantamento por perfis, foram estimadas cotas altimétricas para o alcance máximo das águas no evento de 2015, sendo obtido uma cota de 81,75 m.

Os trabalhos de campo permitiram acrescentar áreas em relação à cota de 82 m em porções junto ao arroio Caverá, tributário mais à jusante ao rio Ibirapuitã. Para estabelecer relações de recorrência foram utilizadas, neste caso específico, cotas associadas aos eventos registrados nos dias 25/11/2009 e 18/09/2017, além do evento de 2015.

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/jusante.

Para o zoneamento das áreas de perigo de inundação foram utilizadas 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 m, já mosaicadas e georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM – 21S.

A área urbanizada e o sistema viário foram interpretados com base nas imagens de alta resolução (cor verdadeira) e aplicação de técnicas de fotointerpretação, que mesclam a distinção e associação visual de formas, cores e texturas. A obtenção de um arquivo de estrutura vetorial se deu por meio da criação de poligonais, utilizando-se as ferramentas de vetorização e edição disponíveis no software ArcGIS 10.1.

Da mesma forma, foram delimitadas as áreas de edificações visíveis na escala de 1:2.000 e que apresentam continuidade física até serem cessadas por terrenos ou áreas cuja ocupação não seja permanente ou de uso não urbano (cobertura vegetal, campo natural e antrópico, culturas e corpos d'água). Para a representação na cartografia síntese adota-se a designação genérica de área urbanizada/edificada, que compreende os vários tipos identificados.

Os dados obtidos indicam que as áreas sujeitas, de alguma forma, a processos de inundação configuram a expressiva porção de 30,8% da área total correspondente à área urbana de Alegrete. A partir do mapa de suscetibilidade a inundações (Figura 4) podemos observar a distribuição espacial das áreas inundáveis. Essas áreas totalizam aproximadamente 1.002,5 ha, considerando as áreas delimitadas pela cota de 82 m e ainda os processos associados aos arroios Regalado e Caverá, que juntos compõem aproximadamente 2,7% do montante desta área.

Quando se considera as áreas edificadas, o processo de inundação afeta 11,9%, totalizando aproximadamente 119,16 ha, um pouco superior a 3% do total da área urbana, considerando os adensamentos urbanos junto ao rio Ibirapuitã, arroio Caverá e ainda as áreas que são afetadas em função de processos nas porções jusante e montante do arroio Regalado.

As formas recortadas do rio Ibirapuitã, junto à área urbana de Alegrete, implicam em grandes áreas inundáveis junto às porções côncavas. Além disso, observam-se na área urbana, setores das áreas adjacentes aos canais de drenagem afluentes do Ibirapuitã, que se encontram mais afetados pela urbanização. O arroio Regalado apresenta-se assoreado e está associado a uma significativa área inundável.

Na análise do grau de perigo, consideram-se os tempos de retorno TR2, TR5, TR 20, T50 e superior a 50 anos. Na Tabela 2 observa-se a extensão de

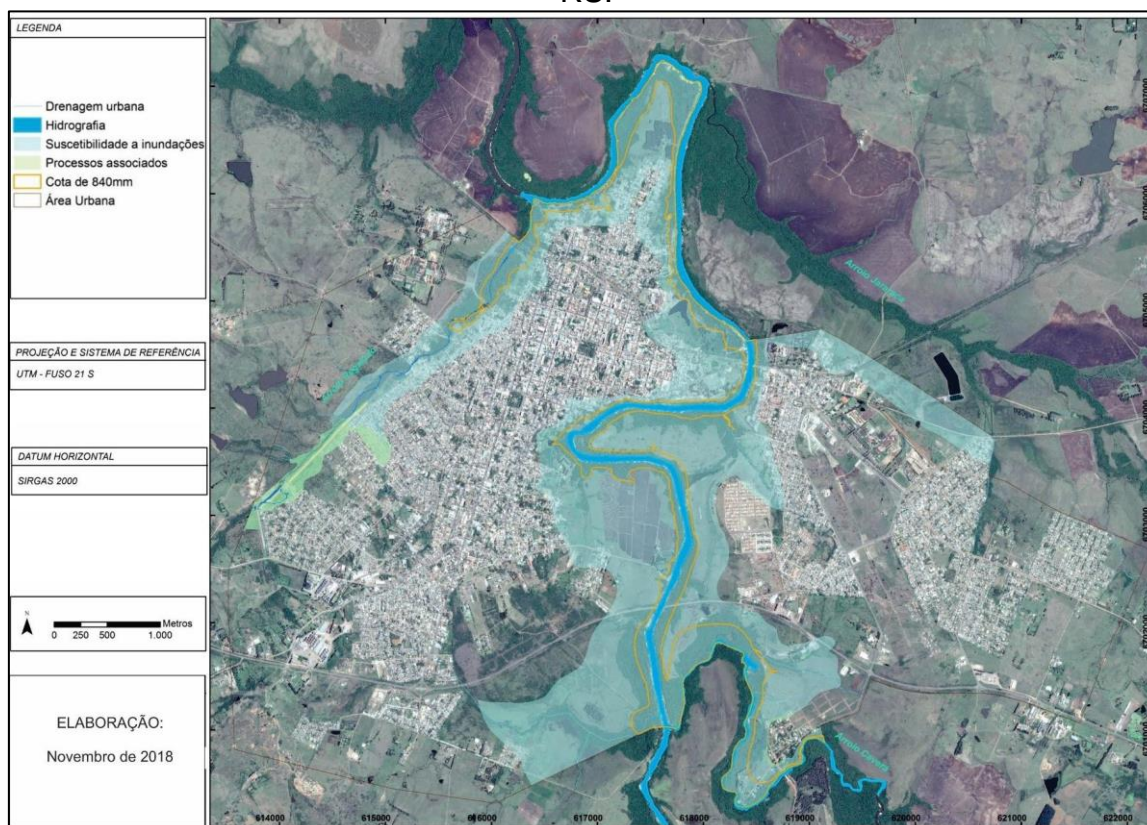
áreas afetadas para cada condição de tempo de retorno. A distribuição espacial é apresentada no mapa da Figura 5.

Tabela 2 - Tempos de retorno definidos nos graus de perigo de inundação.

Tempo de retorno	Cota linimétrica (m)	Cota altimétrica (m)	Área afetada (ha)	Área afetada (%)
TR 2	11,2	77,69	475,1 (475,1)	47,38%- 47,38%
TR 5	12,7	79,19	151,4 (626,5)	15,10%-62,48%
TR 20	13,872	80,36	222,1 (848,6)	22,15%-84,63%
TR 50	14,412	81,01	51,3 (899,9)	5,12%-89,75%
TR >50	>14,4	< 82	77,2 (977,1)	7,70%-97,45%
Processos associados (Somente Regalado)	-	82 ou mais	25,4	2,54%
Total	-	-	1002,5	100%

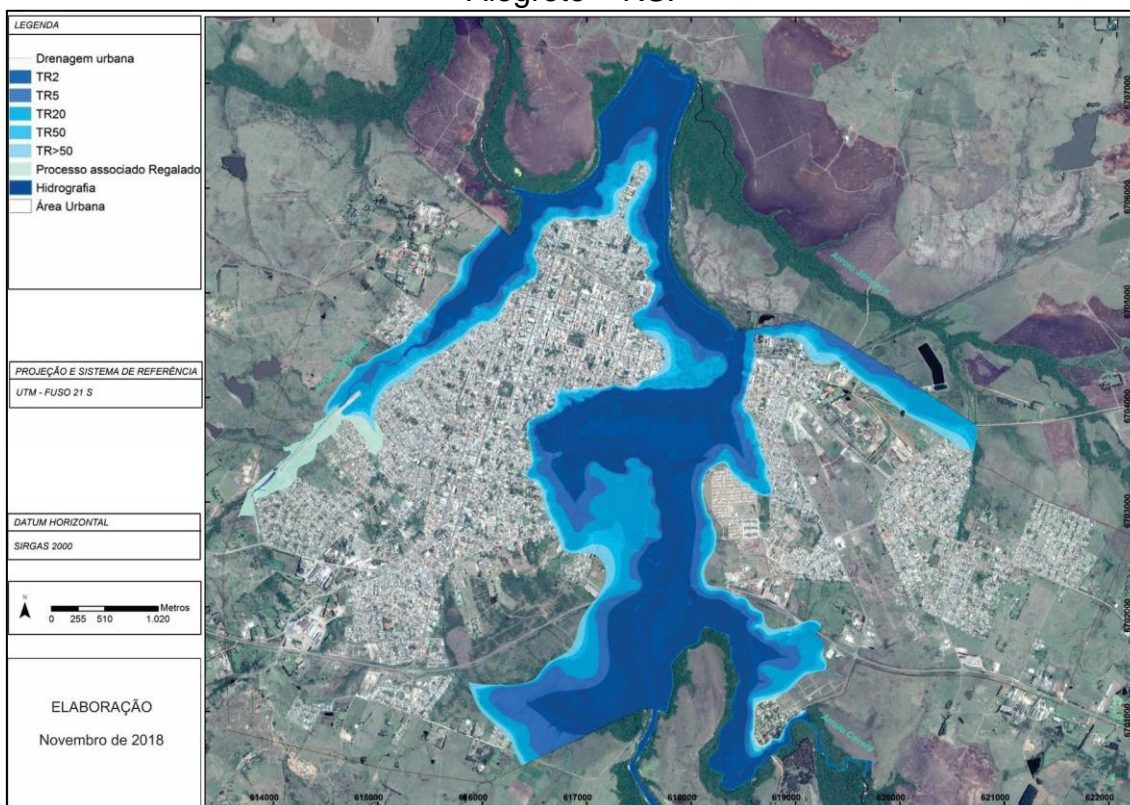
Fonte - Os autores, 2018.

Figura 4 - Mapa de áreas suscetíveis a inundações na área urbana de Alegrete – RS.



Fonte - os autores, 2018.

Figura 5 - Mapa de tempo de retorno para inundações na área urbana de Alegrete – RS.



Fonte - os autores, 2018.

Observa-se que quase metade das áreas inundadas na área urbana de Alegrete estão relacionadas a tempos de retorno de até 2 anos e avança para mais de 62% quando se considera um tempo de retorno de 5 anos. Essa área é atingida quando a régua linimétrica atinge a cota de 12,7 m, o que equivale a altimetria de 79,2 m no terreno.

As áreas afetadas com tempo de retorno de 20 anos também, são expressivas, principalmente conforme pode ser observado a partir do mapa de tempos de retorno para inundações de Alegrete (Figura 5). Com esse tempo de retorno, 222 ha a mais são atingidos em relação a situação anterior, compondo em um total de 848,6 ha.

A área cujo tempo de retorno é mais elevado tem como característica o alcance de medidas linimétricas superior aos 14,4 m, que corresponde a altimetria de 82 m.

Os graus de perigo foram estabelecidos a partir dos tempos de retorno e as cotas que marcam estas inundações que indicam a severidade do processo.

Os índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos e a severidade das inundações para a área urbana de Alegrete esteve associada à altimetria de 71,83 m (correspondente à cota linimétrica de 5,34 m, o menor valor dentre as máximas anuais registradas) e à altimetria de 81,7 m (linha de inundação medida). A amplitude destes valores (9,92 m) corresponde à amplitude do limite vertical de uma inundação e então a severidade deste processo.

A partir do mapa de áreas de perigo de inundação (Figura 6) pode-se observar como se distribuem as áreas ocupadas que se sobrepõem à suscetibilidade e estão sujeitas, de algum modo, aos processos relacionados à dinâmica hidrológica, sendo classificadas em diferentes graus de perigo.

O índice de perigo calculado para cada TR, a partir da metodologia proposta e em função destes critérios, e o respectivo somatório de áreas afetadas podem ser visualizados a partir da Tabela 3.

As inundações mais comuns (tempo de retorno de até 5 anos) afetam 5,3% das áreas ocupadas, estabelecendo condições muito severas para as famílias que lá habitam, indicando situações de alto perigo. As áreas onde o grau de perigo é intermediário, com tempo de retorno de 20 anos, atinge 45% do total da área edificada que sofre eventos de inundação, mostrando que se trata de área com uma complexa gestão, pois afeta mais de 53 ha. A condição de perigo baixo é definida por áreas com tempo de retorno de 50 anos, atingindo 62,6% do total da área afetada e somente em condições muito extremas são atingidas áreas com tempo de retorno superior a 50 anos. Em geral, as áreas de perigo baixo e muito baixo, devido a menor severidade ou frequência, apresentam uma consolidada ocupação, estabelecendo uma coexistência de ocupação e inundações periódicas.

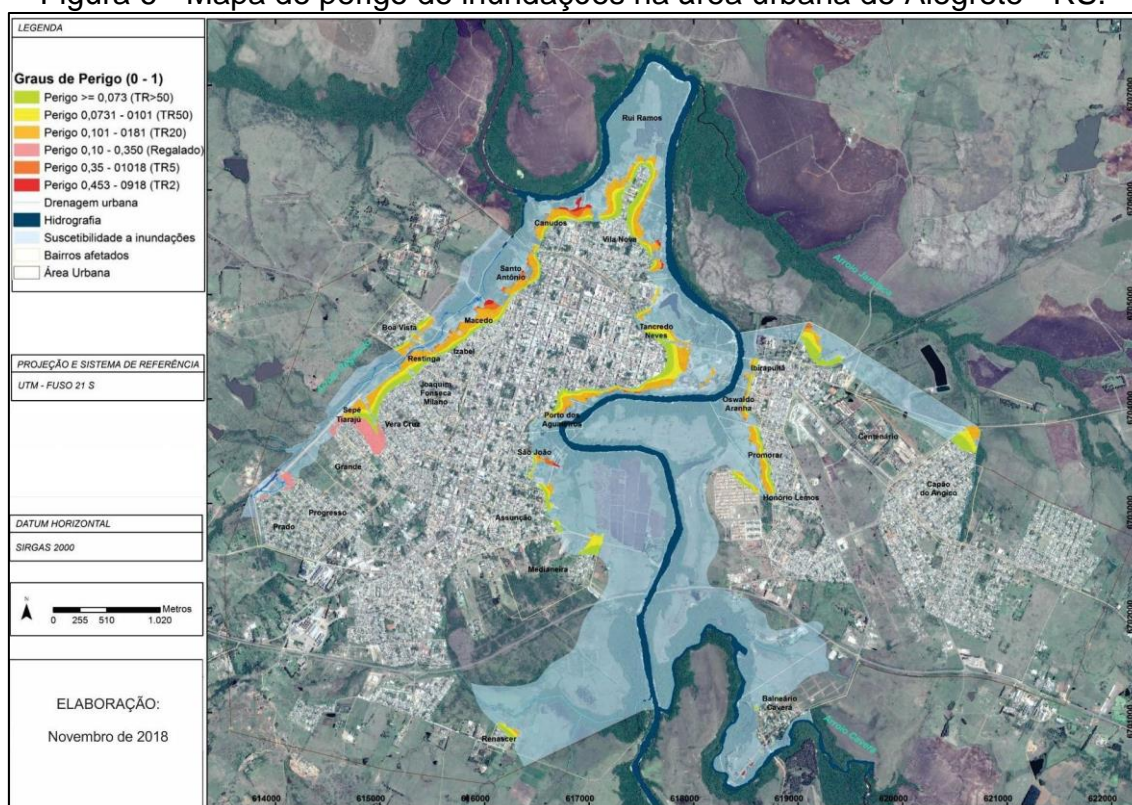
No arroio Regalado ocorrem processos específicos de barramentos no seu alto curso, que podem provocar inundações consideradas como de Perigo médio a alto baseado na recorrência.

Em relação aos bairros, essas áreas se estendem por 27 bairros e algumas áreas do centro da cidade são afetadas por diferentes níveis de inundação. As áreas ocupadas e sujeitas a inundações, que compreendem porções mais extensas, estão junto ao arroio Regalado, próximo à foz no rio Ibirapuitã, e estão representadas pelos bairros Canudos, Santo Antônio,

Macedo, Izabel, Joaquim Fonseca Milano, Restinga, Vera Cruz (na margem leste) e Boa Vista (na margem oeste). A área do médio e alto curso estão associadas a processos menos severos, embora recorrentes, ocorrendo nos bairros Grande, Prado, Progresso e Sepé Tiarajú.

No setor montante à desembocadura do arroio Regalado, associadas ao rio Ibirapuitã, no setor norte da área urbana, são observadas áreas significativas nos bairros Rui Ramos e Vila Nova que são contíguas à margem oeste, afetando os bairros Tancredo Neves, Porto dos Aguateiros, Assunção, São João e, ainda, algumas residências no bairro Medianeira. Na porção leste, junto à margem direita do rio, são afetadas as áreas dos bairros Ibirapuitã, Oswaldo Aranha, Promorar Honório Lemos, Loteamento Ayrton Senna e margem esquerda do arroio Jararaca Capão do Angico e Centenário. Mais isolados e ao sul, os bairros Renascer e Balneário Caverá também são atingidos pelas inundações.

Figura 6 - Mapa de perigo de inundações na área urbana de Alegrete - RS.



Fonte - os autores, 2018.

Tabela 3 - Tempos de retorno associados à severidade e graus de perigo.

Tempo de Retorno	Cota altimétrica (m)	Severidade (m)	Probabilidade Excedência Weibull	Severidade padronizada	Graus de Perigo	Área afetada (ha)	Área afetada (%)
TR 2	77,69	4,06	0,511	0,4093	0,918	1,94	1,6%
TR 5	79,19	2,56	0,198	0,2581	0,453	6,32	5,3%
TR 20	80,36	1,39	0,050	0,1401	0,186	53,61	45%
TR 50	81,01	0,84	0,019	0,0857	0,101	74,55	62,6%
TR > 50	Até 82	<0,84	0,013	0,0645	0,073	110,49	92,7%
Processos associados	82 ou mais	-	-	-	0,1 – 0,35	8,67	7,3%
Total	-	-	-	-	-	119,16	100%

Fonte - Os autores, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O perigo de inundação está apresentado como processo, ação ou fenômeno que pode causar danos físicos, perda de vidas ou ferimentos, danos à propriedade, à perturbação social e econômica ou à degradação ambiental. O mapeamento de áreas de perigo de inundações tem sido viabilizado pelo emprego de um amplo conjunto de geotecnologias representado, principalmente, pelas informações derivadas do sensoriamento remoto e pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), que constituem ferramentas indispensáveis para esses mapeamentos.

O presente trabalho apresenta uma metodologia para determinar e cartografar as áreas de perigo, áreas suscetíveis a inundação que possam vir a gerar danos, na cidade do Alegrete.

Observa-se que em Alegrete as áreas sujeitas, de alguma forma, a processos de inundação, configuram a expressiva porção de 30,8% da área total da área urbana de Alegrete. Considerando as áreas efetivamente ocupadas, portanto áreas em condições de perigo, representam um pouco mais de 3%. Esse número é importante, pois as inundações com tempo de retorno de 20 anos, atingem 45% do total da área edificada que sofre eventos de inundação, mostrando uma complexa gestão, pois afeta mais de 53 ha.

Dessa forma, o mapa de perigo funciona como a memória dos eventos históricos, podendo auxiliar os tomadores de decisão e a sociedade como um todo a empreender e fazer valer medidas de ordenamento territorial, com a

finalidade de minimizar as consequências de eventos adversos futuros, reduzindo a intensidade dos desastres quando não for possível evitá-los.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ALEGRETE (município). Lei nº 2.679, de 05 de junho de 1996. **Plano diretor do município de Alegrete**. Disponível em: <<http://www.alegrete.rs.gov.br>>: Acesso em: 10 de jan. 2016.

ASHTECH. **GNSS Solutions® - V. 3.80.8**. Fort Worth, TX, 2006.

BRASIL. **Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001)**. Diário Oficial da União - Seção 1. Câmara dos Deputados - Palácio do Congresso Nacional, Brasília – DF. Seção 1 - Eletrônico - 11/7/2001.

BURTON, I., R. W. KATES, G. F. WHITE. **The Environment as Hazard**. New York: Guilford Press, 1993. 290 p.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil, estudo de riscos e medicina de desastres**. 2. Ed. Brasília: Ministério do Planejamento e orçamento, 1998.

CUTTER, S.; BARNES, L. R.; BERRY, M.; BURTON, C. G. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, n. 18, p. 598-606, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. UFRGS. 2008. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_RafaelEckhardt.pdf>.

ESRI. **GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location**. ESRI, 2012. Disponível em: <<https://www.esri.com/en-us/home>>

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.

KUSKY, T. Floods: hazards of surface and groundwater systems. (**The Hazardous Earth Set, 8 - Volume**). Facts On File, 2008.144p.

MARANDOLA JUNIOR., E. HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, ANPPAS, v.7, n.2, p.95-109, jul./dez. 2004. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000200006>

MENEZES, D. J.; SCCOTI, 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.

REBELO, F. Um Novo Olhar Sobre os Riscos? O Exemplo das Cheias Rápidas (Flash Floods) em Domínio Mediterrâneo. **Territorium**, v. 15, p. 7-14, 2008. https://doi.org/10.14195/1647-7723_15_1

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.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION - UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)**, p. 1– 30, 2009. Disponível em: <www.unisdr.org/publications>.

WESTEN, C.J.; VAN ASCH, T.W.J.; SOETERS, R. Landslide hazard and risk zonation: why is it still so difficult?. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, 2006. p. 167 – 184. <https://doi.org/10.1007/s10064-005-0023-0>

DIAGNÓSTICO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE JAGUARI/RS ENTRE OS ANOS 1960-2015

Bruno Zucuni Prina; Romário Trentin

DOI 10.33360/RGN.2318-2695.2021.i1.p.60-76

Resumo: Este trabalho visa analisar o histórico das precipitações no município de Jaguari/RS entre o período de 1960- 2015, além de sua relação com as inundações ocorridas no município e com os períodos de El Niño. A metodologia foi segmentada em três fases, com a análise das inundações, identificação dos períodos com incidência do fenômeno El Niño e apreciação dos dados de precipitação com a realização das correlações dos dados. Com a aplicação metodológica, constatou-se que o mês mais chuvoso no município é outubro, com uma média de 178,48 mm. Ainda, pode-se averiguar que o acumulado precipitado, em média, possui uma maior concentração entre os meses de setembro/outubro e março/maio. Por fim, frisa-se que as metodologias de sistematização dos resultados foram eficientes para a apreciação de um diagnóstico global a respeito da precipitação na área de estudo, junto com a análise dos eventos de El Niño e com as inundações.

Palavras-chaves: El Niño; Chuvas; Inundações; Geoprocessamento.

TEMPORAL DIAGNOSIS OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE MUNICIPALITY OF JAGUARI/RS/BRAZIL BETWEEN 1960-2015

Abstract: This paper aims to analyze the history of rainfall in the municipality of Jaguari/RS/Brazil between 1960- 2015, and its relationship with the flooding that occurred in the municipality and the periods of El Niño. The methodology was divided into three phases, with the flood analysis, identification of the periods with incidence of El Niño phenomenon and precipitation data appreciation with the data correlations. With the methodological application, it was found that the wettest month in the municipality is October, with an average of 178.48 mm. Still, it can be verified that the accumulated precipitate, on average, has a higher concentration between the months of September/October and March/May. Finally, it is emphasized that the results systematization methodologies were efficient for the assessment of a global diagnosis regarding precipitation in the study area, together with the analysis of El Niño events and flooding.

Keywords: El Niño; Rain; Floods; Geoprocessing.

DIAGNÓSTICO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA EN EL MUNICIPIO DE JAGUARI/RS/BRASIL ENTRE 1960-2015

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo analizar la historia de las precipitaciones en el municipio de Jaguari/RS/Brasil entre el período 1960-2015, además de su relación con las inundaciones que ocurrieron en el municipio y con los períodos de El Niño. La metodología fue segmentada en tres fases, con el análisis de las inundaciones, la identificación de los períodos con la incidencia del fenómeno de El Niño y la apreciación de los datos de precipitación con la realización de las correlaciones de datos. Con la aplicación metodológica, se encontró que el mes más lluvioso en el municipio es octubre, con un promedio de 178.48 mm. Aún así, se puede determinar que el precipitado acumulado, en promedio, tiene una mayor concentración entre los meses de septiembre/octubre y marzo/mayo. Finalmente, se enfatiza que las metodologías para sistematizar los resultados fueron eficientes para la apreciación de un diagnóstico global con respecto a la precipitación en el área de estudio, junto con el análisis de eventos e inundaciones de El Niño.

Keywords: El Niño; Lluvia; Inundaciones; Geoprosesamiento.

INTRODUÇÃO

As pesquisas científicas, espontaneamente e crescentemente, estão sendo sistematizadas em função das linhas de pesquisas correlatas as

mudanças climáticas, com foco a análise detalhada da incidência dos eventos extremos. Muitas dessas pesquisas visam analisar a quantificação e o monitoramento das variáveis ambientais (DOURADO; OLIVEIRA; AVILA, 2013), dentro dessa temática, que o presente trabalho foi desenvolvido. Grande parte das discussões acerca das mudanças climáticas globais repercute nas mais variadas escalas espaciais da Terra, seja em escalas locais ou regionais, intensificando as pautas de debates científicos (SANCHES; VERDUM; FISCH, 2012).

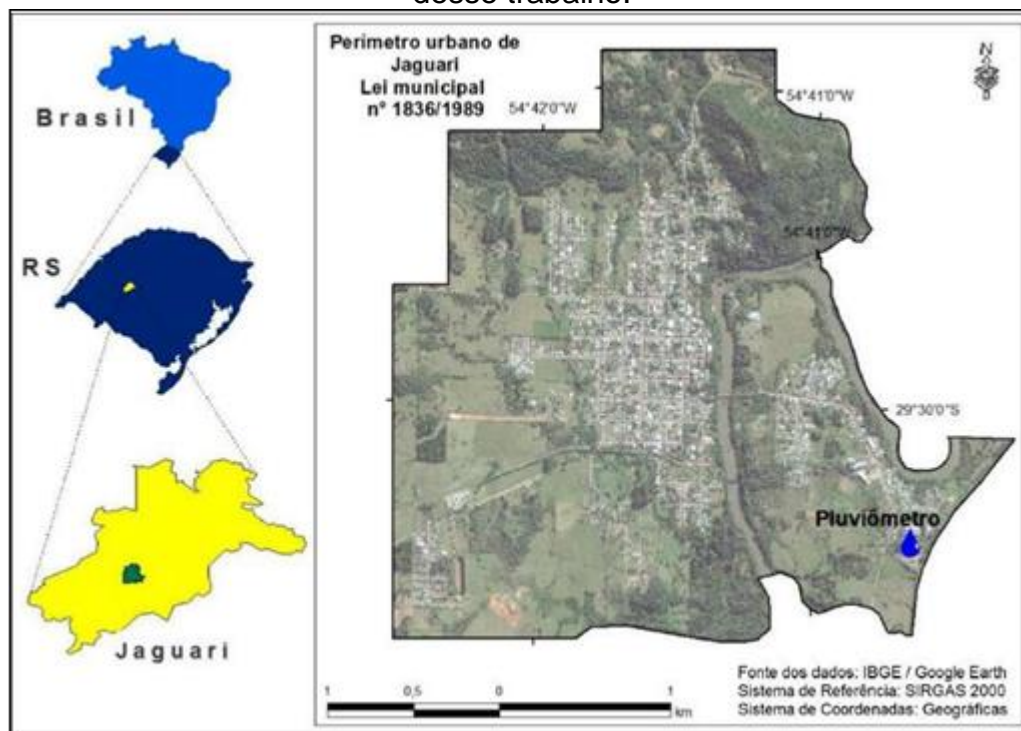
Assim sendo, o foco deste trabalho é analisar uma série histórica de precipitação no município de Jaguari/RS e correlacioná-la com as: a) ocorrências de inundações verificadas no município e b) com os períodos de El Niño, entre os anos de 1960 e 2015. Dessa forma, verifica-se que a análise dos dados estará orientada dentro de um registro pontual de precipitação, obtido por meio de um pluviômetro, o qual está localizado no perímetro urbano da cidade, conforme identificado na figura 1. Cabe ressaltar que muitos estudos existentes dentro dessa linha também ocorrem de forma espacial, por meio da análise de dados de radares meteorológicos (BERTONI; TUCCI, 2002 apud CALDEIRA; ARAÚJO; BESKOW, 2011). Assim sendo, o registro pontual será estendido para a análise de todo o trabalho, dentro da área de estudo (NÓBREGA; SOUZA; GALVÍNIO, 2008).

Os dados de precipitação foram obtidos por meio do sítio da Agência Nacional de Águas (ANA), que são disponibilizados no portal HidroWeb, por meio de um arquivo organizado em formato de banco de dados. No total, a ANA analisa cerca de 4.543 estações de monitoramento hidrometeorológico no Brasil, e, em síntese, tem como objetivo disponibilizar, ao público em geral, o cadastro de informações fluviométricas e pluviométricas, do Sistema de Informações Hidrológicas sintetizadas no território brasileiro (ANA, 2015).

Inúmeros são os focos de análises dos estudos, os quais realizam a espacialização das informações tangentes à precipitação. Neste trabalho, conforme já evidenciado, o foco é analisar a correlação entre precipitação e inundação, porém multivariados são os estudos dentro dessa temática. Assim sendo, pode-se citar, a fim de exemplificação, o trabalho de Borsato, Ely e Borsato (2012), os quais analisaram a influência da variabilidade climática junto

aos problemas em algumas atividades econômicas, como, por exemplo, na agricultura.

Figura 1: Localização da área de estudo e do pluviômetro, fonte de dados desse trabalho.



Fonte: Os autores.

As mudanças globais provocam uma série de problemas, sendo que as consequências podem ser analisadas em várias partes do mundo. Dentre os principais eventos, pode-se destacar as tempestades, as inundações, as ondas de calor e as secas (EKWE et al., 2014).

As alterações climáticas, sejam elas ligadas a eventos extremos como o excesso ou a falta de chuvas ou com a ocorrência de inundações e secas, estão fortemente ligadas à incidência do El Niño e da La Niña. Na América do Sul, incontáveis são as alterações climáticas registradas, dentre delas, podem-se citar as chuvas acima da média climatológica (com o El Niño) e abaixo da média (com a La Niña) (BORSATO; ELY; BORSATO, 2012).

A ligação entre as precipitações e as inundações é diagnosticada dentro do ciclo hidrológico, pois todas as ações de trocas de águas (dentro do ciclo) possuem vários componentes, porém, sem dúvida, a precipitação é a mais importante, além de possuir a maior variabilidade no espaço (COLLISCHONN,

2006 apud CALDEIRA; ARAÚJO; BESKOW, 2011). Ologunorisa e Tersoo (2006) afirmam que a principal causa das inundações, dentro de uma escala mundial, deve-se à incidência de intensas precipitações.

As alterações climáticas refletem negativamente no bem-estar da população, uma vez que a incidência de eventos climáticos extremos gera calor ou frio extremos, além de chuvas ou secas. Igualmente, além do aspecto de incidência direta às pessoas, há prejuízo dentro das atividades econômicas, como, por exemplo, na agricultura (BORSATO; ELY; BORSATO, 2012).

Rosa et al. (2011) destacam que analisar o comportamento das precipitações pode auxiliar na identificação de diagnósticos de eventos extremos, além de servir de base na prevenção dos impactos desses desastres.

Ao trabalhar com dados hidrológicos, pode-se citar dois dentre os segmentos de análises. O primeiro segmento refere-se aos períodos de alto índice pluviométrico, com ênfase às inundações; o segundo refere-se às épocas contrárias ao primeiro, ou seja, os períodos sem precipitações, as secas (TRENBERTH, 2005).

A partir da contextualização bibliográfica sobre o assunto, salienta-se que o problema deste trabalho está contido na resolução da seguinte questão: “Quais as relações entre as precipitações (análise mensal, dias com chuvas, picos de precipitação), eventos El Niño e as inundações no município de Jaguari?”. Justifica-se, desse modo, que entender a análise desses fenômenos, os quais estão fortemente interligados, pode haver uma avaliação detalhada a respeito da dinâmica pluvial e fluvial dentro da área de estudo e, assim, compreender os extremos climáticos e suas respectivas correlações.

O objetivo geral do trabalho é o de analisar as precipitações incidentes no município de Jaguari, por meio da análise mensal, no período de 1960 a 2015, e, posteriormente, correlacionar com as principais inundações incidentes no município. Ainda na análise entre precipitações e inundações, serão avaliados os períodos com incidência do El Niño a fim de verificar o comportamento climático.

MATERIAIS E MÉTODOS

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos envolvidos neste trabalho, há de citar os materiais e aplicativos os quais foram utilizados. Assim,

dentre os materiais, pode-se destacar os dados de precipitação da ANA, obtidos por meio do sítio Hidroweb.

Para analisar as inundações na área de estudo, optou-se por utilizar os dados sintetizados no trabalho de Prina (2015), facilitando, assim, a geração das correlações dos dados. Além disso, utilizou-se, novamente, os dados da ANA, porém, nesse momento, com os dados fluviométricos, analisando, dessa forma, os dias que o rio Jaguari atingiu as maiores cotas.

Deve-se ressaltar que, para realizar toda as etapas metodológicas, utilizou-se uma planilha eletrônica do Microsoft Office Excel®, sendo de grande importância para a tabulação dos dados. Ademais, cabe ressaltar que a modelagem da série histórica da precipitação pluviométrica ocorreu junto ao ArcMap (ArcGIS®).

A fim de identificar os procedimentos teórico-práticos implementados no presente, eles, a seguir, estarão endereçados cronologicamente. Em síntese, pode-se segmentar a metodologia em três fases, com a análise das inundações, identificação dos períodos com ocorrência de El Niño e apreciação dos dados de precipitação com a realização das correlações entre os dados de precipitação/inundação e precipitação/eventos de El Niño. As duas primeiras etapas foram obtidas de forma direta e a terceira etapa foi segmentada em frações menores de análises.

Conforme já salientado, por meio do trabalho de Prina (2015), obteve-se a síntese dos principais registros históricos das inundações ocorridas na área de estudo. Assim, nessa etapa, a tabulação dos dados ocorreu de forma automática. Além desses registros, analisaram-se outros eventos em que o nível do rio Jaguari esteve em cotas acima de 9 m, que é um valor no qual as águas extrapolam à planície de inundação da área de estudo. Esses últimos registros foram sintetizados a partir da tabulação dos dados fluviométricos disponibilizados pela ANA, no sítio do Hidroweb.

A fim de analisar os períodos de ocorrência de eventos El Niño na área de estudo, avaliaram-se os registros históricos disponibilizados no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Dessa forma, pode-se contextualizar os principais períodos de inserção de El Niño, facilitando as posteriores análises de correlação das informações.

A última etapa metodológica do trabalho refere-se à análise dos dados de precipitação. Essa etapa metodológica possui uma série de segmentações detalhadas, com foco para: obtenção dos dados (junto ao sítio do Hidroweb); tabulação dos dados em uma planilha eletrônica; realização de um diagnóstico geral referente à situação pluviométrica do município; análise da precipitação de forma mensal, com foco para a análise do total de chuvas registradas por mês; análise mensal da precipitação, enfocando-se os registros de chuvas máximas por mês; análise do número máximo de dias com chuvas em um único mês e criação de gráficos/mapas para realizar a espacialização da precipitação.

Na etapa de elaboração de mapas, dividiram-se os dados em segmentos parcelados a cada cinco anos. Nessa análise, fica visível realizar a identificação sobre quais foram os períodos de maiores agrupamentos de precipitações (dentro os registros da ANA), gerando, dessa forma, um entendimento global da dinâmica pluvial na área de estudo, no intervalo analisado. Além disso, pode-se contextualizar as informações junto aos períodos de El Niño e aos registros de inundações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

INUNDAÇÕES OCORRIDAS NO PERÍMETRO URBANO DE JAGUARI/RS NO PERÍODO 1960-2015

A fim de desenvolver e analisar a proposta global deste trabalho, uma das primeiras informações que devem ser analisadas e destacadas refere-se à avaliação das principais inundações que ocorreram no perímetro urbano do município de Jaguari. Assim sendo, tem-se, por meio da Tabela 1, a tabulação dos principais registros. Dentre os dados da tabela 1, há uma coluna que individualiza uma caracterização ao evento como “inundação significativa”. Assim sendo, nesse item, foram destacadas as inundações que resultaram em situações mais alarmantes, como, por exemplo, a invasão das águas em áreas urbanizadas.

Tabela 1: Inundações ocorridas no perímetro urbano de Jaguari/RS.

Mês	Ano	Inundação significativa
Setembro	1965	
Setembro	1972	x
Junho	1972	
Agosto	1972	
Maio	1973	
Junho	1973	
Agosto	1976	
Setembro	1979	
Outubro	1980	
Agosto	1982	x
Novembro	1982	
Março	1983	
Abril	1984	x
Setembro	1988	
Setembro	1990	
Outubro	1997	x
Novembro	1997	x
Abril	1998	x
Outubro	2002	x
Dezembro	2003	
Maio	2003	
Outubro	2005	
Novembro	2009	
Janeiro	2010	x
Outubro	2012	x
Junho	2014	x
Outubro	2015	x

Fonte: Os autores; Prina (2015); ANA – Hidroweb.

ANOS COM OCORRÊNCIA DE EL NIÑO

Além disso, com o intuito de apreciar a proposta deste trabalho, deve-se destacar os principais registros de incidência do fenômeno El Niño no estado do Rio Grande do Sul. Assim sendo, a fim de contextualizar esses registros, a tabela 2 destaca os eventos classificados com o índice “Forte”, “Moderado” e “Fraco”, conforme evidenciado no sítio do INPE.

Tabela 2: Registros de El Niño.

Ano/Período	Intensidade
1963	Fraco
1965 - 1966	Moderada
1968 - 1970	Moderada
1972 - 1973	Forte
1976 - 1977	Fraco
1977 - 1978	Fraco
1979 - 1980	Fraco
1982 - 1983	Forte
1986 - 1988	Moderada
1990 - 1993	Forte
1994 - 1995	Moderada
1997 - 1998	Forte
2002 - 2003	Moderada
2004 - 2005	Fraco
2006 - 2007	Fraco
2009 - 2010	Fraco
2015	Forte

Fonte: Os autores. INPE.

APRECIAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Após realizada uma síntese geral sobre as inundações e a incidência do fenômeno El Niño, a seguir, serão contextualizados os principais registros sobre as precipitações na área de estudo, com base nos dados disponíveis pela ANA.

Inicialmente, cabe destacar uma análise geral acerca da tabulação dos dados. No período entre 1960 e 2015, registrou-se um montante de 95.312 mm no município de Jaguari, com 5.336 dias com chuva. Dessa forma, há uma média mensal de 144,6 mm de chuva e média de 8,1 dias com incidência de precipitações por mês.

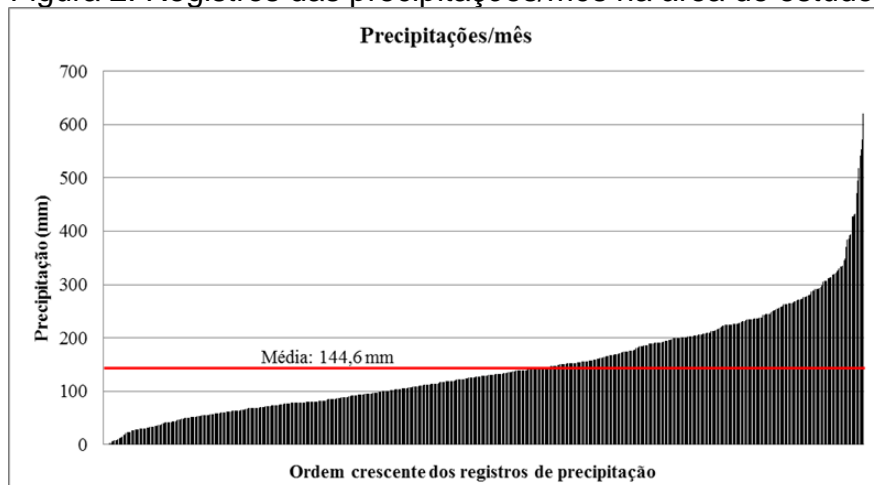
Na sequência, serão apresentados os resultados obtidos por meio da análise mensal das chuvas na área de estudo. Assim sendo, a figura 2 destaca os referidos dados e, junto com a tabela 3, há o realce para os dez maiores registros de precipitação mensal no município.

Em síntese, pode-se contextualizar que, dentre os dez registros mensais com maiores quantitativos de precipitação, no período analisado, apenas dois deles não apresentaram alguma correlação direta com a incidência de El Niño, e 70% desses períodos resultaram em inundações dentro da área de estudo.

Outra questão analisada refere-se à precipitação máxima assinalada em cada mês. A partir dessa análise, registrou-se, junto à figura 3, todos os dados

(máximos) precipitados no período, disposto em ordem crescente, e na tabela 4 as dez maiores precipitações apontadas nesse período.

Figura 2: Registros das precipitações/mês na área de estudo.



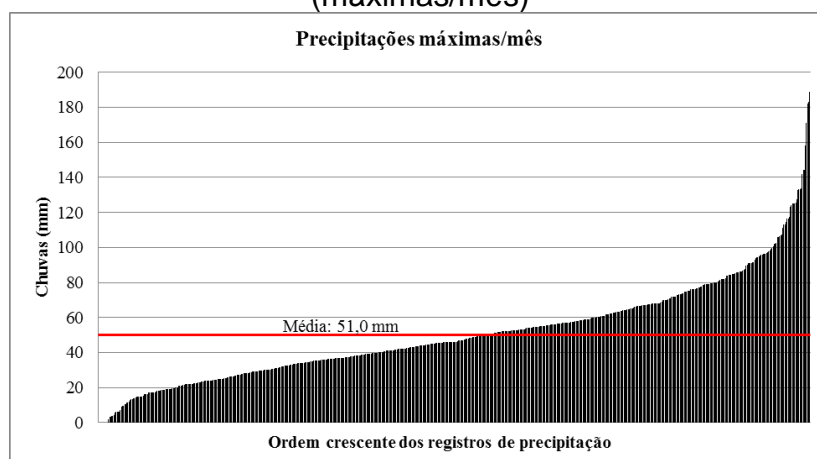
Fonte: Os autores.

Tabela 3: Ranqueamento das maiores precipitações mensais no município.

Ranqueamento	Data	Chuva (mm)	Registro de inundação?	Incidência de El Niño?
1º	maio/1984	620,6	Sim	Forte (ano anterior)
2º	julho/1987	572,1	-	Moderado
3º	novembro/2009	553,1	Sim	Fraco
4º	outubro/1997	541,6	Sim	Forte
5º	abril/1998	518,3	Sim	Forte
6º	outubro/2002	494,0	Sim	Moderado
7º	dezembro/1965	471,2	Sim	Moderado
8º	março/1966	433,5	-	Moderado
9º	janeiro/2001	430,6	-	-
10º	outubro/2015	427,9	Sim	Forte

Fonte: Os autores.

Figura 3: Registros das maiores precipitações diárias na área de estudo (máximas/mês)



Fonte: Os autores.

Tabela 4: Ranqueamento das maiores precipitações diárias no município (máximas/mensais).

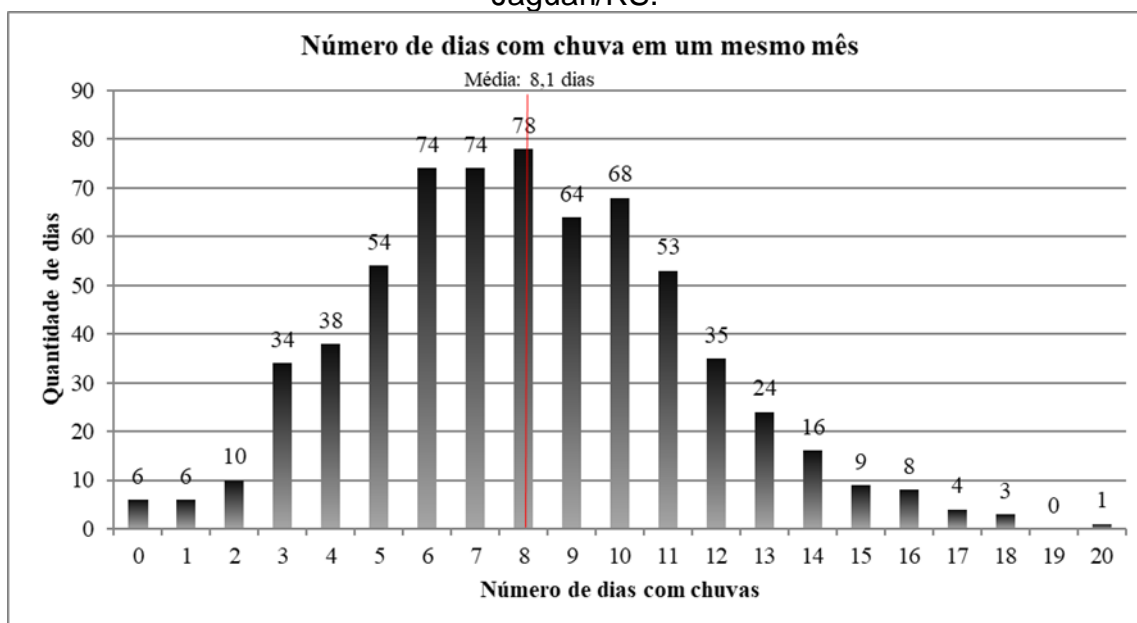
Ranqueamento	Data	Chuva(mm)	Registro de Inundação?	Incidência de El Niño?
1º	maio/84	189	Sim	Forte (1 ano anterior)
2º	abril/85	183		
3º	março/87	182		Moderado
4º	outubro/15	171	Sim	Forte
5º	outubro/02	158,3	Sim	Moderado
6º	junho/69	144,4		Moderado
7º	junho/60	144,2		
8º	janeiro/01	142,1		
9º	maio/74	133,8		Forte (1 ano anterior)
10º	abril/91	133,5		Forte

Fonte: Os autores.

A partir dessa análise, pode-se contextualizar que, entre os registros das maiores precipitações na área de estudo, algumas delas geraram inundações (anos de 1984, 2015 e 2002) e muitas delas foram influenciadas pela ocorrência do fenômeno El Niño (sete eventos).

Ademais, realizou-se a análise de número de dias em que há chuva em um mesmo mês no município. Em média, constatou-se que chovem 8,1 dias a cada mês. A máxima registrada foi com 20 dias de chuvas, ratificado em outubro de 2002. Os referidos dados estão destacados junto à figura 4, além do ranqueamento dos dados na tabela 5.

Figura 4: Registros do número de dias com chuva em um mesmo mês em Jaguari/RS.



Fonte: Os autores.

Tabela 5: Ranqueamento dos meses com o maior número de dias com chuvas em Jaguari.

Ranqueamento	Data	Nº de dias com chuva	Registro de Inundação?	Incidência de El Niño?
1º	outubro/2002	20	Sim	Moderado
2º	outubro /1997	18	Sim	Forte
3º	junho /1997	18	Sim	Forte
4º	janeiro/1971	18		
5º	julho/1983	17	Sim	Forte
6º	julho/1977	17		Fraco
7º	agosto/1972	17	Sim	Forte
8º	junho /1972	17	Sim	Forte
9º	novembro/2009	16	Sim	Fraco
10º	outubro /2005	16	Sim	Fraco
11º	maio/2005	16	Sim	Fraco
12º	dezembro/2003	16	Sim	Moderado
13º	abril/2002	16	Sim	Moderado
14º	fevereiro/1990	16	Sim	Forte
15º	junho/1984	16	Sim	Forte (1 ano anterior)
16º	agosto /1975	16		

Fonte: Os autores.

Analisando os dados da tabela 5, verifica-se que, em oito datas, registraram-se 16 dias no mês com chuvas, quatro registros com 17 dias de precipitação, três registros com 18 dias e um registro com 20 dias com chuvas, essa última sendo a máxima apontada. No montante, há 16 eventos, os quais, dentro do período de análise, são os que comportam os meses com maior número de dias com chuva. Nesses dados, verifica-se que, em 81,25% dos dados (13 vezes), há registros, tanto de inundações como de El Niño. Assim, denota-se a alta influência do El Niño dentro dos registros das precipitações, que acabam por desencadear cenários de inundações.

Todos os dados já destacados anteriormente, seja de forma gráfica, tabular ou descritiva, foram sintetizados e estão representados de forma visual, conforme identificado na figura 5. A seguir, são analisados, detalhadamente, os dados de precipitação na área de estudo, a partir das ilustrações da figura 5, as quais expressam as precipitações mensais no município de Jaguari.

- Período de 1960-1964 (Figura 5a): relativamente, nesse intervalo de análise dos dados, não existiram grandes períodos de precipitação. Essa questão está muito interligada à incidência do El Niño, por ter sido diagnosticada, como Fraca, apenas no ano de 1963. Nesse período, as chuvas concentraram-

se, predominantemente, no mês de março e entre setembro e outubro. Ainda pode-se destacar que houve uma baixíssima ocorrência de precipitações entre maio e agosto a partir do ano de 1961.

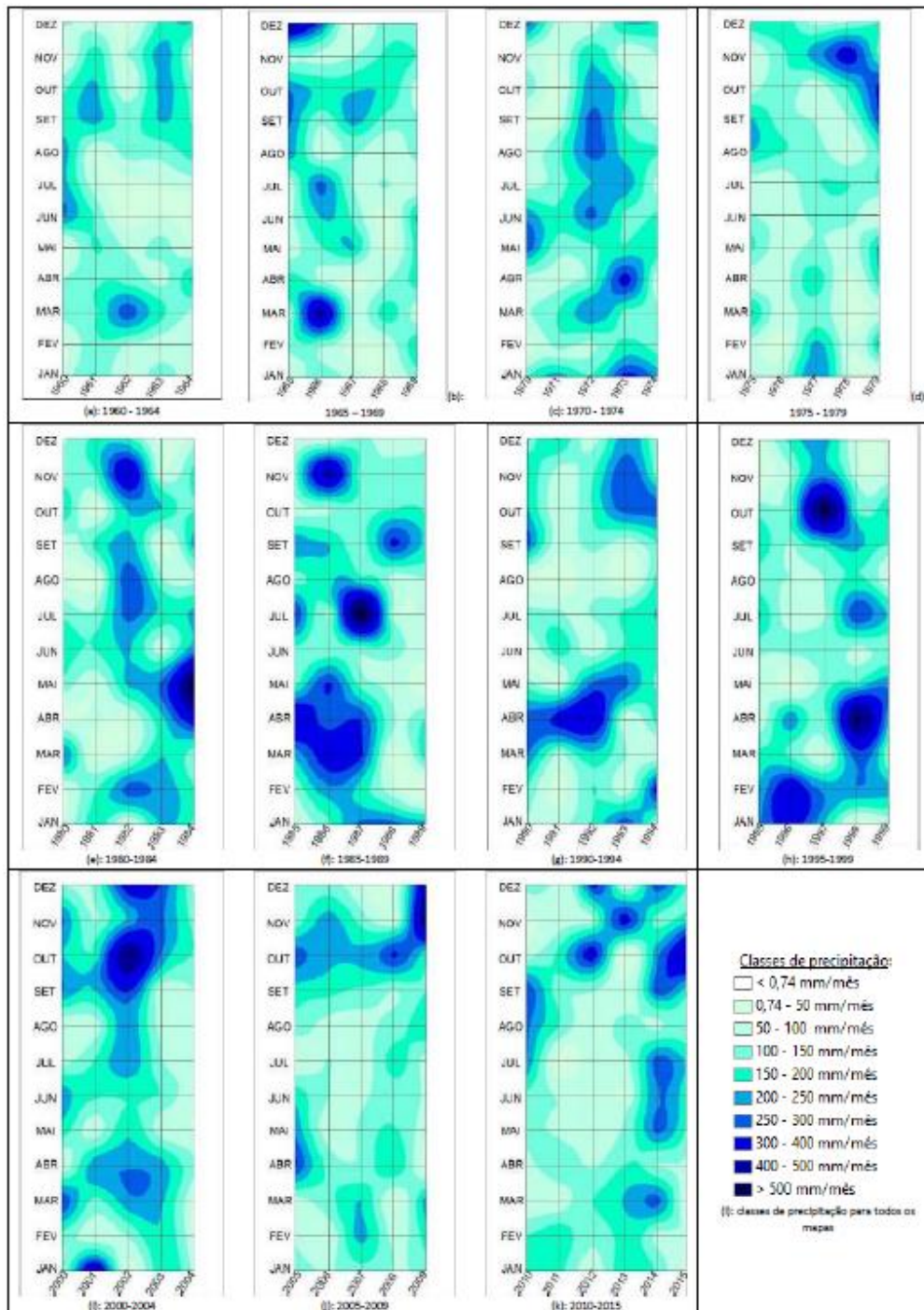
- Período de 1965-1969 (Figura 5b): nesse período, quatro dos cinco anos analisados, possuem incidência de El Niño classificado como moderado, porém, mesmo assim, não há registros homogêneos de uma alta média pluvial, com exceção do registro de março de 1966. Nesse período, as chuvas concentraram-se, sem um predomínio homogêneo, mas, segmentada em várias datas conforme o mês e ano de análise. Ainda pode-se destacar que houve uma baixa incidência de precipitações nos anos de 1967 e 1968, com ênfase aos meses de janeiro, fevereiro, maio, junho e julho.

- Período de 1970-1974 (Figura 5c): nos anos de 1972 e 1973, houve a incidência de El Niño Forte, tão logo, verifica-se a maior concentração de chuvas nessas datas. Assim sendo, visivelmente, identifica-se que as chuvas concentraram-se nesses dois anos. Além disso, pode-se destacar que houve uma baixíssima incidência de precipitações no ano de 1970 (janeiro a abril, julho a novembro) e em 1971 (fevereiro, abril e entre agosto e setembro).

- Período de 1975-1979 (Figura 5d): nesse período, houve a incidência de quatro anos com El Niño Fraco e o resultado é incidência baixa de precipitações, com exceção de alguns picos, registrados em novembro de 1978 e outubro de 1979. Nesse período, as chuvas mantiveram, em geral, uma concentração heterogênea. Ademais, pode-se destacar que houve uma baixíssima incidência de precipitações entre janeiro e junho para todo o período (exceto entre janeiro e fevereiro de 1977).

- Período de 1980-1984 (Figura 5e): nos cinco anos de análise desse período, houve a incidência de vários picos de precipitações, muito interligado à incidência de El Niño, na escala Forte, entre os anos de 1983 e 1984. Nesse período, as chuvas concentraram-se de forma irregular, com vários picos, com maior ênfase no mês de maio do ano de 1984, data que caracterizou a maior inundação do município de Jaguari, a qual atingiu características catastróficas. Ainda pode-se salientar que houve uma baixa incidência de precipitações em alguns pontos específicos.

Figura 5: Precipitação mensal segmentada a cada 5 anos dentro do período 1960-2015.



- Período de 1985-1989 (Figura 5f): nesse período, houve a incidência de três anos com El Niño moderado e com picos de precipitações altos (julho de 1985, maio e novembro de 1986, julho de 1987, setembro de 1988), porém, entre 1985 e 1987, entre os meses de março e abril, houve a incidência de intensas precipitações. Ainda cabe referir que houve uma baixíssima incidência de precipitações nos anos de 1988 e 1989 entre fevereiro e agosto.

- Período de 1990-1994 (Figura 5g): nesses cinco anos, houve a incidência de cinco anos de El Niño, com quatro denominações como Forte e uma que foi tida como Moderado. Assim sendo, constatou-se, nesse período, concentrações de chuvas concentradas entre os meses de março e maio, com mais ênfase ao mês de abril. Ainda pode-se destacar que houve uma baixíssima incidência de precipitações entre julho e setembro. Em geral, nesse período, pela alta incidência do fenômeno El Niño, não necessariamente gerou altos picos de precipitação.

- Período de 1995-1999 (Figura 5h): nesse período, houve a incidência de dois anos com El Niño forte (1997 e 1998) e um como moderado (1995), dessa forma, constatou-se três focos de altos índices de chuvas, mais precisamente entre janeiro e fevereiro dos anos de 1995, 1996 e 1997; em outubro de 1997 e em abril de 1998. Ademais, houve uma baixíssima incidência de precipitações em alguns meses e anos isolados.

- Período de 2000-2004 (Figura 5i): nesse período, houve a incidência do fenômeno El Niño como Moderado em 2002 e 2003 e como Fraco em 2004, sendo assim, constatou-se altos índices de chuvas em janeiro de 2001 e entre setembro a dezembro entre 2002 e 2003. Nesse período, ainda, as chuvas concentraram-se em março e abril de 2001 a 2003 e entre julho a dezembro em 2002. Cabe ainda destacar que houve uma baixa incidência de precipitações entre maio e setembro de 2003 e 2004.

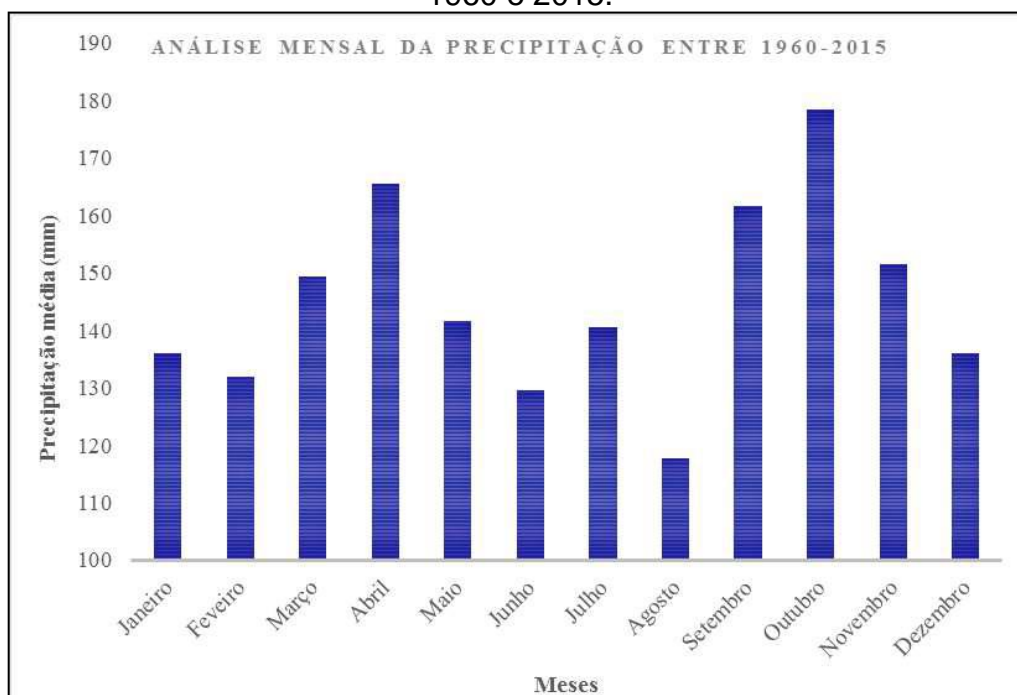
- Período de 2005-2009 (Figura 5j): nesse período, houve quatro anos de incidência de El Niño, porém todos caracterizados como Fraco. Mesmo assim, houve alguns períodos de concentrações de chuvas, com ênfase entre setembro e novembro, em dezembro de 2009 e entre abril e junho de 2005. Pode-se assinalar, além disso, que houve uma baixíssima incidência de precipitações entre maio e agosto dos anos de 2006 e 2007; janeiro a março de 2005 e 2006; janeiro a março de 2008; abril a julho de 2009.

- Período de 2010-2015 (Figura 5k): no último período de análise, houve incidência de El Niño Fraco em 2010 e Forte em 2015, e, a partir disso, demarcam-se picos de precipitações, em vários pontos como: entre julho e setembro de 2010; outubro e dezembro de 2012; novembro de 2013; março de 2014; maio a julho de 2014, dezembro de 2014; e entre setembro e novembro de 2014 e 2015. Além disso, que houve uma baixíssima incidência de

precipitações março e abril dos anos de 2010 e 2011; em novembro de 2010 e 2011; entre maio e julho de 2011; entre abril e setembro de 2012; entre maio e outubro de 2013; e entre janeiro e abril de 2015.

Após a realização de todas as análises deste trabalho, pode-se constatar quais os meses que, em média, possuem os maiores índices pluviométricos. Assim sendo, verificou-se que o mês mais chuvoso no município de Jaguari, entre os anos de 1960 e 2015, foi outubro, com uma média de 178,48 mm. Sucessivamente, aparecem: abril com 165,58 mm; setembro com 161,67 mm; novembro com 151,52; março com 149,36; maio com 141,70 mm; julho com 140,63 mm; janeiro com 136,13 mm; dezembro 136,10 mm; fevereiro com 131,9 mm; junho com 129,50 mm; e agosto com 117,74 mm. A figura 6 apresenta um resumo sobre essa síntese mensal.

Figura 6: Gráfico da análise mensal das precipitações em Jaguari/RS entre 1960 e 2015.



Fonte: Os autores.

A partir da análise dos dados da figura 5, pode-se constatar que as chuvas concentram-se, em primeiro plano, entre setembro e novembro e, em segundo plano, entre março e maio, intervalos mensais de trocas entre as estações inverno-verão e verão-inverno, respectivamente. Dessa forma, verifica-se que há

um padrão estabelecido nas precipitações na área de estudo, considerando o intervalo analisado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se de extrema importância ao trabalho as metodologias envolvidas para sistematização dos dados e, dessa forma, obter uma análise global a respeito das precipitações na área de estudo e, assim, relacioná-las com eventos de El Niño e com as inundações.

O uso dos dados da ANA mostrou-se fundamental a fim de analisar a variação pluviométrica e, desse modo, atingir resultados satisfatórios a respeito da variação pluviométrica de Jaguari, indicando, inclusive, os principais meses com incidência de chuvas.

Conforme o proposto pelo trabalho, pode-se analisar, especificamente, os períodos de El Niño, as principais inundações na área de estudo, a realização de um diagnóstico geral referente à situação pluviométrica do município; a análise da precipitação de forma mensal, a análise da quantidade de chuva por mês, a análise do número máximo de dias com chuvas em um único mês, e, por fim, a contextualização geral dos resultados.

No que tange aos períodos de El Niño, pode-se constatar os principais anos de incidência e, assim, correlacionar com as épocas de precipitação, igualmente ocorreu para a análise das épocas com inundações na área de estudo. Assim sendo, essas etapas foram fundamentais para dar subsídio a todo o processo de análise dos dados para a área de estudo.

A partir da análise geral das inundações, pode-se constatar a média mensal de chuvas (144,6 mm) e o número médio de dias com chuvas no município por mês (8,1 dias), gerando, dessa forma, uma ideia geral sobre o assunto.

A partir da análise da precipitação mensal, verificaram-se os principais períodos de precipitação e eles foram correlacionados aos anos de incidência de El Niño e com os registros de inundações, constatando-se que o mês com o maior índice pluviométrico no município foi verificado em maio de 1984 com 620,6 mm.

Na análise da máxima chuva a cada mês, pode-se verificar os dias com maiores precipitações dentro do período analisado, além de correlacioná-los

com os anos de incidência de El Niño e com os registros de inundações. Assim, obteve-se um panorama global dessa temática, com a constatação do maior evento pluviométrico registrado em maio de 1984, com um montante de 189 mm. Desse modo, conclui-se que tanto com a análise do mês mais chuvoso, como na máxima precipitação, ambos os eventos convergiram para maio de 1984, período que abrangeu a maior inundação já registrada no município de Jaguari, a qual atingiu proporções catastróficas.

Na análise do número de dias com chuvas, em um único mês, constatou-se uma média geral de 8,1 dias com chuvas por mês, além de verificar um máximo de 20 dias com registros de chuvas, registrado em outubro do ano de 2002.

Ainda pode-se contextualizar o enquadramento final de análise deste estudo com a constatação que o mês mais chuvoso no município de Jaguari, dentro do período de análise, é o mês de outubro com uma média de 178,48 mm. Também se verificou que as épocas de maiores índices pluviométricos registram-se nos períodos de transição entre inverno e verão, e entre verão e inverno, respectivamente.

Por fim, destaca-se a alta influência dos eventos de El Niño nas precipitações em Jaguari, que, por consequência, acabam por desencadear processos de inundações.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 22 fev.2016.

BORSATO, F. P.; ELY, D. F.; BORSATO, V. da A. Apontamentos sobre a análise da variabilidade da precipitação pluviométrica e dos principais sistemas atmosféricos atuantes em dois anos de eventos de El Niño na mesorregião centro ocidental paranaense. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, nº 5, p. 946 – 966, 2012.

CALDEIRA, T. L.; ARAÚJO, M. M. F. DE; BESKOW, S. Análise de série hidrológica de precipitação no sul do Rio Grande do Sul para aplicação na gestão e monitoramento de recursos hídricos. **IV Encontro Sul-brasileiro de Meteorologia**, Pelotas/RS, abril de 2011.

DOURADO, C. DA S.; OLIVEIRA, S. R. DE M.; AVILA, A. M. H. DE. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 192-198, 2013.

EKWE, M. C.; JOSHUA, J. K.; IGWE, J. E.; OSINOWO, A. A. Mathematical Study of Monthly and Annual Rainfall Trends in Nasarawa State, Nigeria. **IOSR Journal of Mathematics (IOSR- JM)**. e-ISSN: 2278-5728, p-ISSN:2319-765X. Volume 10, Issue 1 Ver. III. (Feb. 2014), p. 56-62.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Ocorrência de El Niño**. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acesso em: 22 fev.2016.

NÓBREGA, R. S.; SOUZA, Ê. P. de; GALVÍNCIO, J. D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, v. 25, nº 1, jan/abr. 2008.

OLOGUNORISA, T. E.; TERSOO, T. The Changing Rainfall Pattern and Its Implication for Flood Frequency in Makurdi, Northern Nigeria. **JASEM** ISSN 1119-8362. **J. Appl. Sci. Environ. Mgt.** September, 2006. V. 10 (3) 97 - 102.

PRINA, B. Z. **Geotecnologias aplicadas no mapeamento das áreas de inundação do perímetro urbano de Jaguari/RS**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS). Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/images/dissertacoes/dissertacoes_2015/Bruno%20ucuni%20Prina%20-%20Dissertao.pdf>. Acesso em: 22 fev.2016.

ROSA, A. F. M.; MIERES, L. da S.; SALDANHA, C. B.; ALVES, R. de C. M. Análise de chuva intensa na região de Agudo-RS em janeiro de 2010. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 2135.

SANCHES, F. de O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Análise das chuvas mensais em Alegrete (RS) no período de 1928-2009: um estudo de tendência. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, nº 5, p. 844 – 854, 2012.

TRENBERTH, K. E. **The Impact of Climate Change and Variability on Heavy Precipitation, Floods, and Droughts**. Encyclopedia of Hydrological Sciences. Edited by M G Anderson. ©2005 John Wiley & Sons, Ltd.

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

Romario Trentin; Daniel Junges Menezes; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: 10.5016/estgeo.v19i2.14497.

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.

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. Nessa 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 a 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.

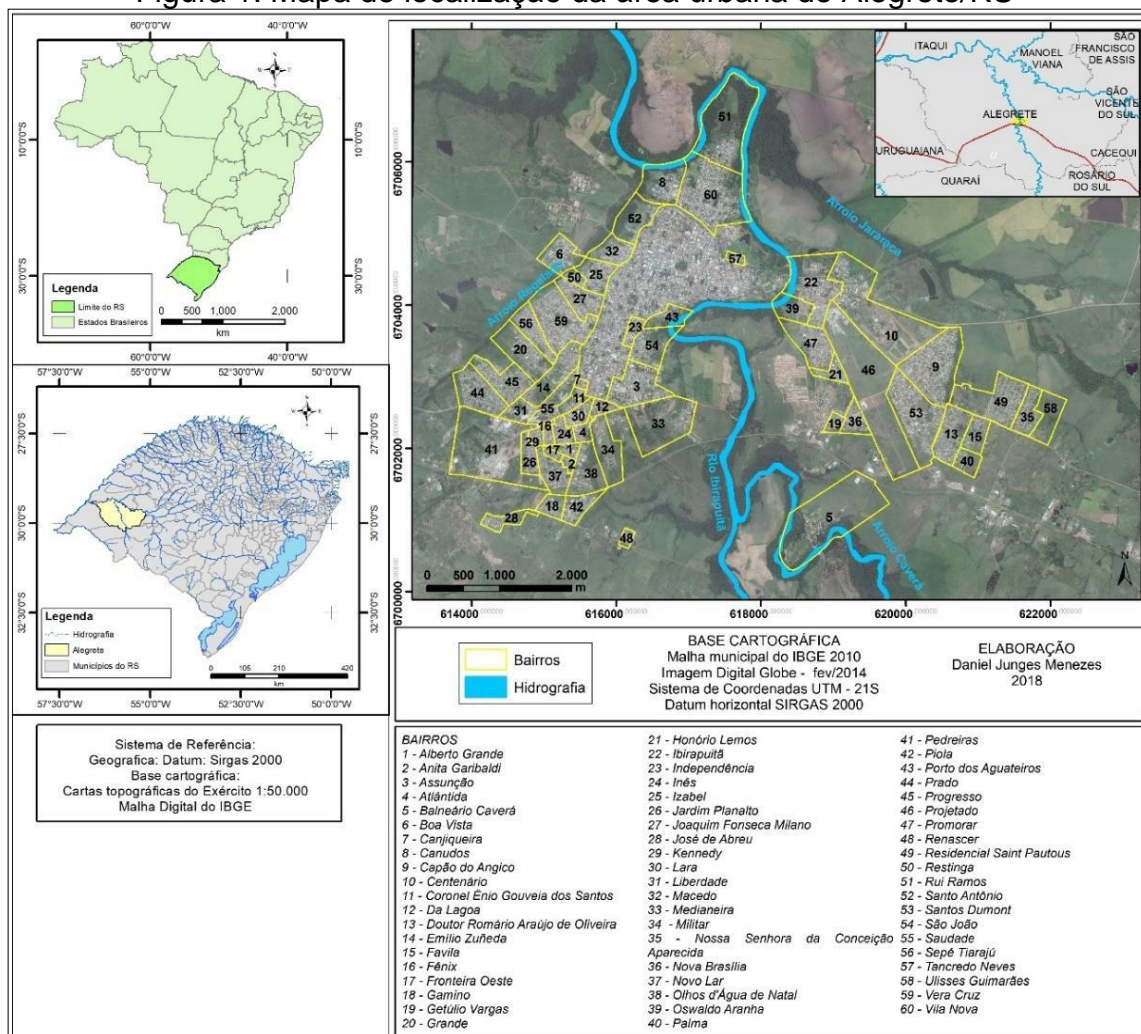
Dentre os municípios gaúchos que apresentam uma grande recorrência de inundações, está o município de Alegrete (RECKZIEGEL, 2007; BRITO et al., 2011; MENEZES e SCCOTI, 2013; SAUSEN e REIS, 2013). Considerando-se somente o período entre 1980 e 2010, Menezes e Scoti (2013) apontaram 39 registros, sendo 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 às 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, da falta de saneamento, do nível de renda baixa, da ausência ou ineficácia de políticas públicas, da sua preparação e resiliência e ainda de 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, em que são avaliados os usos atribuídos às edificações e ao 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 e 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).

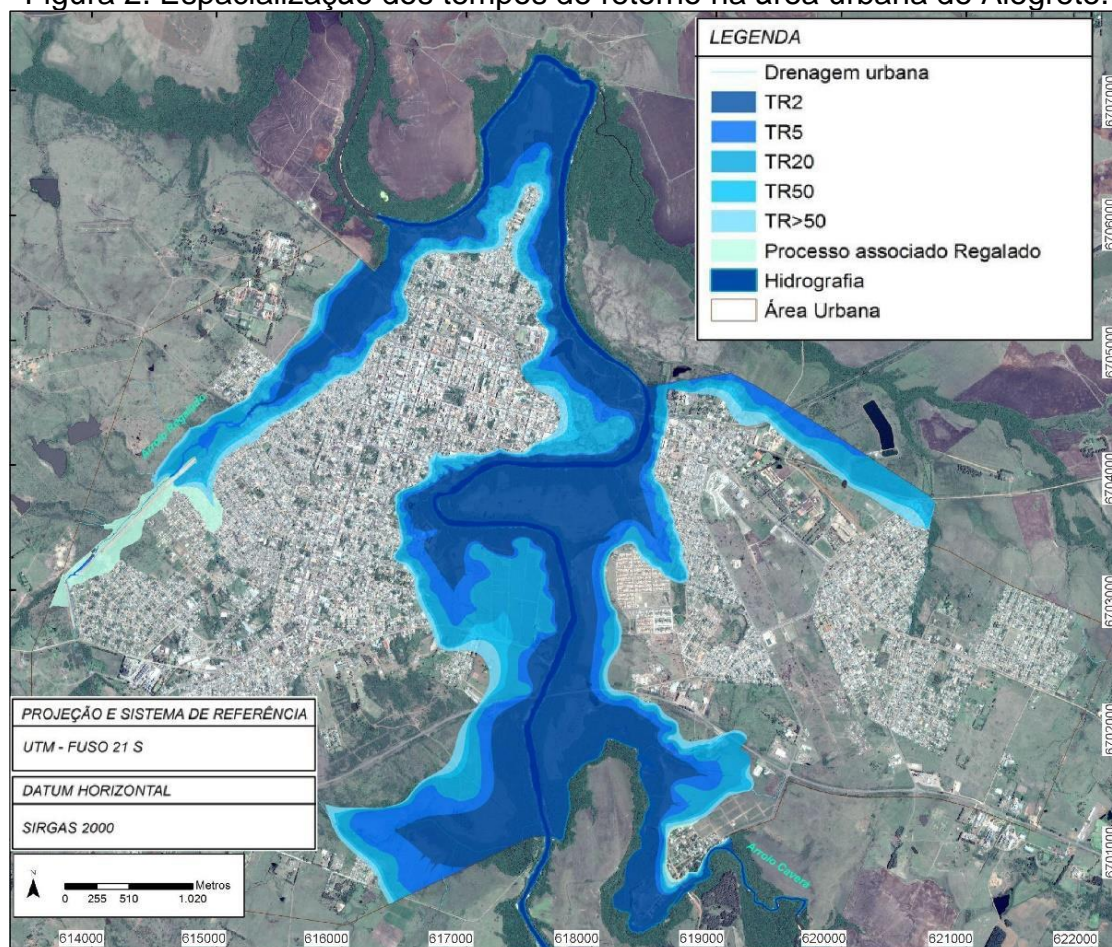
A etapa seguinte consistiu no pós-processamento dos pontos coletados, a partir do software GNSS Solutions® (V. 3.80.8) – (ASHTECH, 2016), licenciado para o Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM. A estação base utilizada para o pós-processamento dos pontos foi a estação de Alegrete/RS (RSAL, Código Internacional 94048), localizada nas coordenadas -29°47'22,0036"S e -55°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 o 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.



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 mosaicadas 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 os 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 capitade 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 capitade mais de 1/4 a 1/2 salário-mínimo
V008	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade mais de 1/2 a 1 salário-mínimo
V009	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade mais de 1 a 2 salários-mínimos
V010	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade mais de 2 a 3 salários-mínimos
V011	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade mais de 3 a 5 salários-mínimos
V012	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade mais de 5 a 10 salários-mínimos
V013	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capitade 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.

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.

Tabela 3. 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 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 4. 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, em que 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, em que 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 e 0,7 e 0,8 no bairro Medianeira (áreas com baixa condição socioeconômica).

Figura 3. Setores com diferentes índices de vulnerabilidade socioeconômica.



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)

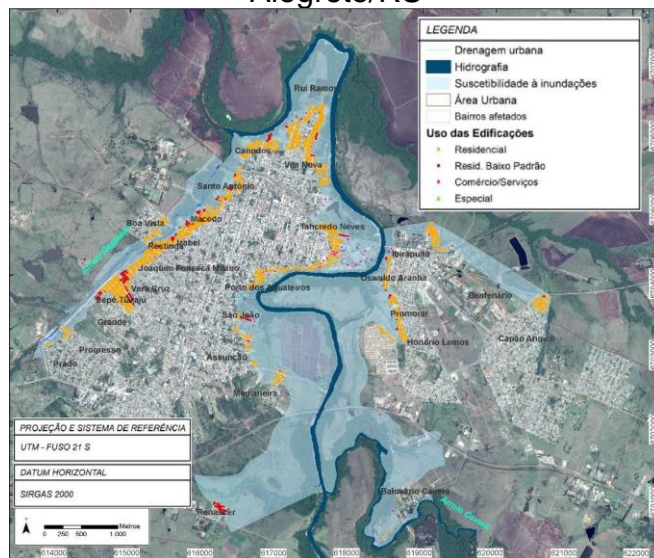
A estimativa e a categorização das 3.009 edificações identificadas, por tipo de uso e ocupação e tempo de retorno das inundações, são observadas a partir da Tabela 5. Para tempo de retorno de dois e cinco anos, há 163 edificações, sendo que a grande maioria é residencial e sendo expressiva a proporcionalidade de baixo padrão, considerando que, 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	-	1	4	32	11	17	65
Especial	-	1	-	1	1	-	3
Resid. Baixo Padrão	59	22	34	105	15	26	261
Residencial	319	32	69	952	480	828	2680
Total	378	56	107	1090	507	871	3009

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

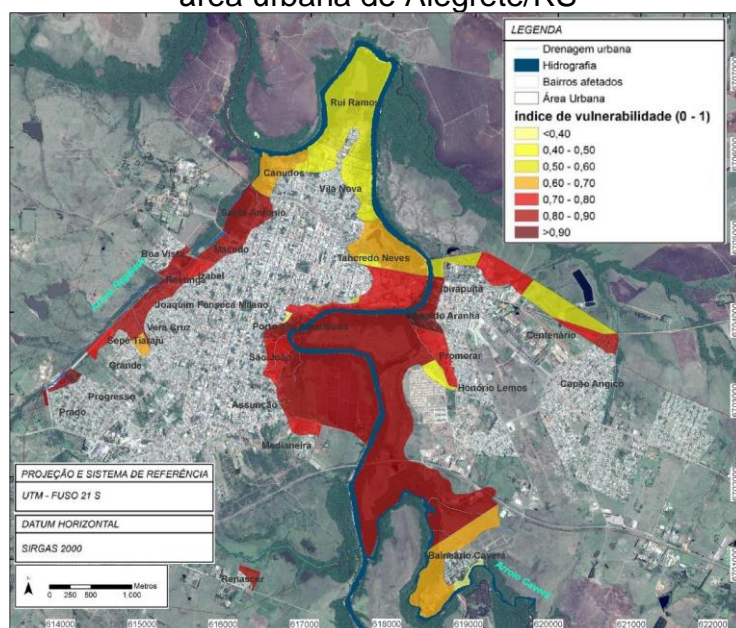
Figura 4. Mapa de vulnerabilidade socioeconômica na área urbana de Alegrete/RS



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 inundações 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

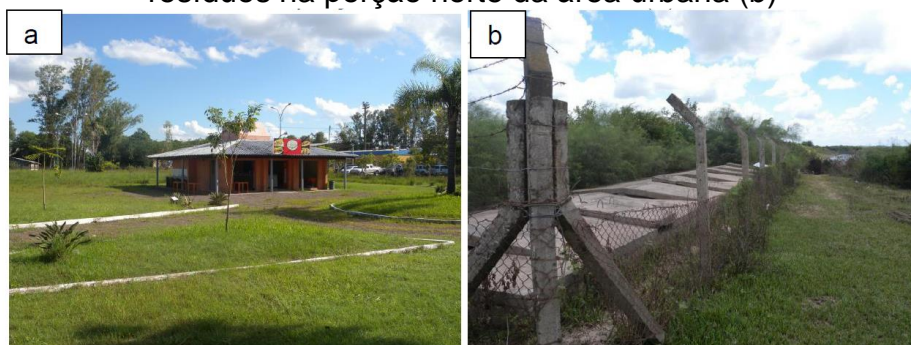
Tipo de Uso	V1	V2	V3	V4	V5	Total
Comércio/Serviços	11	49	5	-	-	65
Especial	-	-	-	-	3	3
Resid. Baixo Padrão	-	-	-	35	226	261
Residencial	73	856	1168	583	-	2680
Total	84	905	1173	618	229	3009

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 à 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).

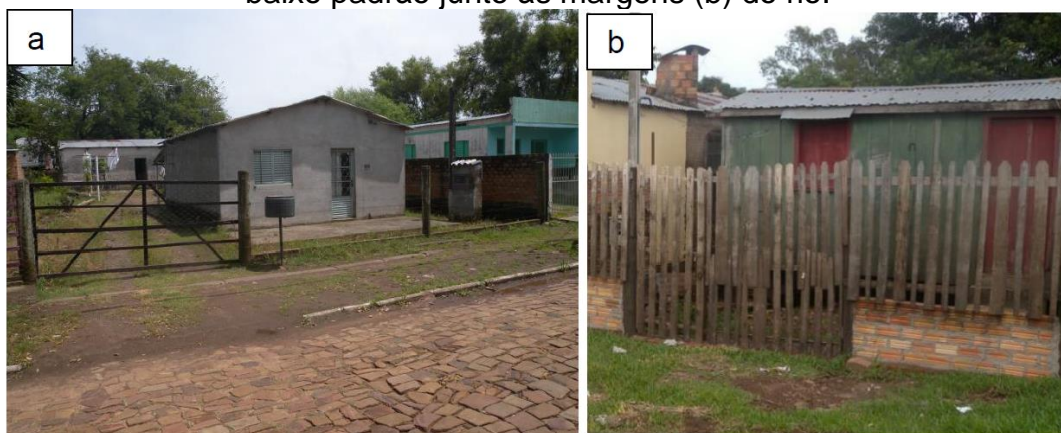
Figura 6. Uso comercial em área inundável (a) e estação de tratamento de resíduos na porção norte da área urbana (b)



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. Remetem, pois, 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) indicam 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).

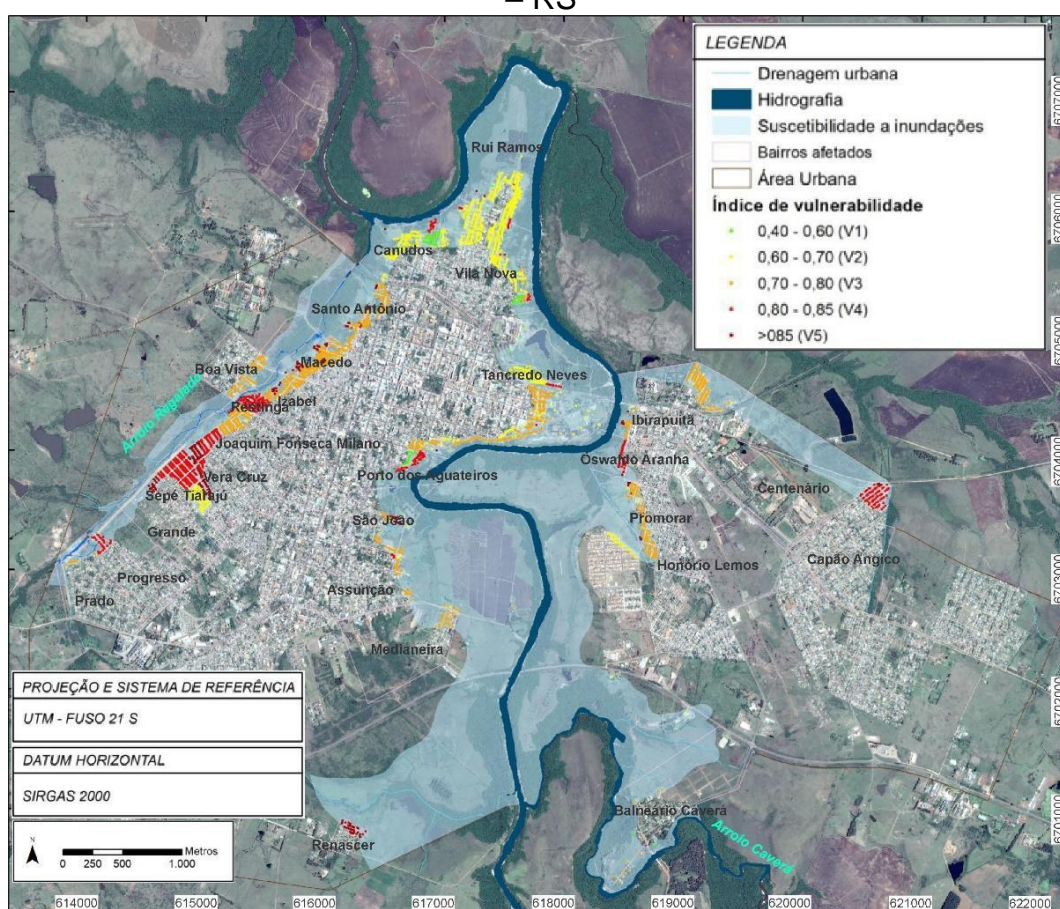
O maior contingente habitacional médio por domicílio está localizado na margem esquerda do rio Ibirapuitã, destacando – se o Bairro Osvaldo Aranha, seguido dos setores nas porções adjacentes ao arroio Regalado, merecendo citação uma parcela do bairro Sepé Tiarajú e ainda dos Bairros Canudos, Rui Ramos 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 inunda o para a área urbana de Alegrete – RS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018

De uma popula o de mais de nove mil afetados, em torno de 223 desse montante apresenta vulnerabilidade baixa, ou seja, condi es socioeconômicas relativamente alta de uso e ocupa o com alto padrão. As inunda es com recorrência de até 20 anos concentram grande parte da popula o 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, sobretudo, 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 como 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 Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Comunicação 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 inundações no Estado do Rio Grande do Sul. In: **26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2011, Porto Alegre. Anais do 26º 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 incorporação da percepção social nos mecanismos de gestão do risco de cheia no concelho de Águeda**”. VIII Congresso Luso-Afro- Brasileiro de Ciências Sociais: A questão social no novo milénio. Setembro de 2004, Coimbra, Portugal. http://www.ces.uc.pt/lab2004/pdfs/ElisabeteFigueiredo_Valente_coelho_LuisaPineiro.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.; ZÉZERE, 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 supervención 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.

ZONEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO À INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ALEGRETE, RS

Daniel Junges Menezes; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

DOI: 10.5380/raega.v50i0.69424.

Resumo: O risco é uma função da ocorrência de um evento potencialmente perigoso e do grau de exposição da população, definido pela vulnerabilidade. O objetivo deste trabalho é a identificação e o mapeamento das áreas sujeitas à ocorrência de inundação que resultem em danos e ameaça à sociedade no município de Alegrete (RS). A integração do perigo de ocorrência de um evento, causador de danos, com os condicionantes de vulnerabilidade da área afetada permitiram a hierarquização de riscos. O índice é apresentado em valores agrupados em classes, sendo estabelecido Risco baixo, Risco moderado, Risco médio, Risco alto e Risco muito alto. O risco mais elevado (R5) ocorre para 32 edificações localizadas, principalmente, na foz do arroio Regalado quando deságua no rio Ibirapuitã, no bairro Canudos. Essas edificações localizam-se em áreas com tempo de recorrência de dois anos e vulnerabilidade de média a alta. Nas condições de risco alto (R4) mais 179 edificações são afetadas. Esse grau de risco é caracterizado por condições severas de tempo de retorno de dois anos, mas com vulnerabilidade caracterizada por áreas bem estruturadas em termos de infraestrutura e padrão de construção, além de associado a áreas de tempo de retorno de cinco anos e vulnerabilidades de médio a alta.

Palavras-chave: Inundação, Zoneamento de áreas de risco, Desastres

ZONING AND CLASSIFICATION OF THE RISK AREAS IN FLOOD ALEGRETE, RS

Abstract: Risk is a function of the potentially dangerous event and the degree of exposure of the population, vulnerability. The objective of this work is the identification and mapping of areas subject to the occurrence of flooding that result in damage and threat to society in the municipality of Alegrete (RS). The integration of the danger of the occurrence of a damaging event with the conditions of vulnerability of the affected area allowed the risk hierarchy. The index is presented in values grouped into classes, establishing Low Risk, Moderate Risk, Medium Risk, High Risk and Very High Risk. The highest risk (R5) occurs for 32 buildings located mainly at the mouth of the Regalado stream when it flows into the Ibirapuitã river in the Canudos neighborhood. These buildings are located in areas with a recurrence time of 2 years and medium to high vulnerability. In high risk conditions (R4) over 179 buildings are affected. This degree of risk is characterized by severe 2-year recurrence, but with vulnerability characterized by well-structured areas in terms of infrastructure and construction pattern. The high risk, also is associated with 5-year recurrence but with medium to high vulnerabilities.

Keywords: flooding, zoning of risk areas, disaster

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de aglomerados urbanos juntamente com crescimento e adensamento demográfico, característicos do século XX, ocasionaram profundas alterações na relação sociedade/natureza. 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.

As inundações, conforme apontam os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, são eventos naturais que causam grande perdas e danos no Brasil. O número de pessoas diretamente expostas (deslocados, desabrigados ou desalojados) por desastres de origem hidrológica (inclusos também os alagamentos) é superior a quatro milhões de pessoas (UFSC / CEPED, 2012).

A abordagem do risco associado a inundações demanda uma perspectiva integradora que englobe natureza e sociedade. Neste sentido, destaca-se que a Geografia aborda as relações sociais e as traduções espaciais presentes no risco, analisando as interações entre sociedade e natureza de forma espacialmente localizada, atribuindo valor aos lugares, aos seus habitantes e suas características, para compreensão dos desastres naturais (VEYRET, 2007; REBELO, 2008; CUTTER et al., 2003)

Veyret (2007, p. 30) adota a terminologia *álea* para caracterizar um acontecimento possível; podendo ser um processo natural, tecnológico, social, econômico e sua probabilidade de realização. Rebelo (2008, p.8) expressa que “o risco deverá ser considerado função de um processo potencialmente perigoso (*álea*, para os francófonos, ou *hazard*, para os anglófonos) e do modo como as populações se expõem a esse processo”.

Portanto, o risco pode ser entendido como o resultado da ligação entre a ameaça ou a probabilidade de ocorrência de um evento e a vulnerabilidade dos elementos expostos ou o fator interno de seletividade da severidade dos efeitos sobre esses elementos. Corroborando com essas concepções, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (CASTRO, 2016, p.28) entende que risco é “relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidentes determinados se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos”.

Neste mesmo sentido, Bertone e Marinho (2013) consideram que a condição de risco é materializada na ocupação de áreas suscetíveis, expressando a relação do perigo e vulnerabilidade.

O risco não se torna estático ou imutável, no tempo ou no espaço, apresentando variabilidade a partir dos elementos que o configuram e relacionam-se entre si, estabelecendo essa condição, como expressam Marandola Júnior e Hogan (2004). Neste sentido, conforme Kuhnen (2009), dois

grupos populacionais podem estar sujeitos ao mesmo perigo, mas podem não apresentar o mesmo risco por não estarem igualmente em situação de vulnerabilidade. Assim, quaisquer alterações que minimizem a vulnerabilidade minimizam os danos e, conseqüentemente, os riscos.

Considerando os conceitos de vulnerabilidade e de perigo e pressupondo a expressão espacial do risco (localização), por meio da suscetibilidade, Julião et al. (2009) propõem a determinação de diferentes graus de risco, por meio da avaliação do quanto provável é um perigo e estabelecendo valores de vulnerabilidade. Em consonância, Cunha e Leal (2011) ponderam que o estudo de riscos naturais, visando ao ordenamento do território, deve envolver o estudo da probabilidade temporal (probabilidade) e espacial (suscetibilidade) de ocorrência dos fenômenos perigosos, juntamente com o estudo da vulnerabilidade das comunidades potencialmente afetadas por esses fenômenos.

A configuração de áreas de risco, a partir da ocorrência de inundação, (BRASIL – IPT, 2007, MORI E PERRINGS, 2012, ROBAINA E TRENTIN, 2013), está associado a toda área passível de ser atingida por inundação, tendo em vista os prováveis danos causados em função da vulnerabilidade. Portanto, inundações tornaram-se mais perigosas à medida que mais e mais pessoas passaram a ocupar as várzeas dos rios, gerando modificação de córregos e de toda a planície de inundação.

A partir da determinação dos conceitos e definições associados a áreas de risco, o presente trabalho pretende determinar o perigo de inundação com base no tempo de retorno do processo, na identificação da vulnerabilidade da população afetada, estabelecendo o zoneamento e o mapeamento das áreas sujeitas à ocorrência de processos de inundação que resultem em danos e ameaça à sociedade na área urbana de Alegrete (RS).

MATERIAIS E MÉTODOS

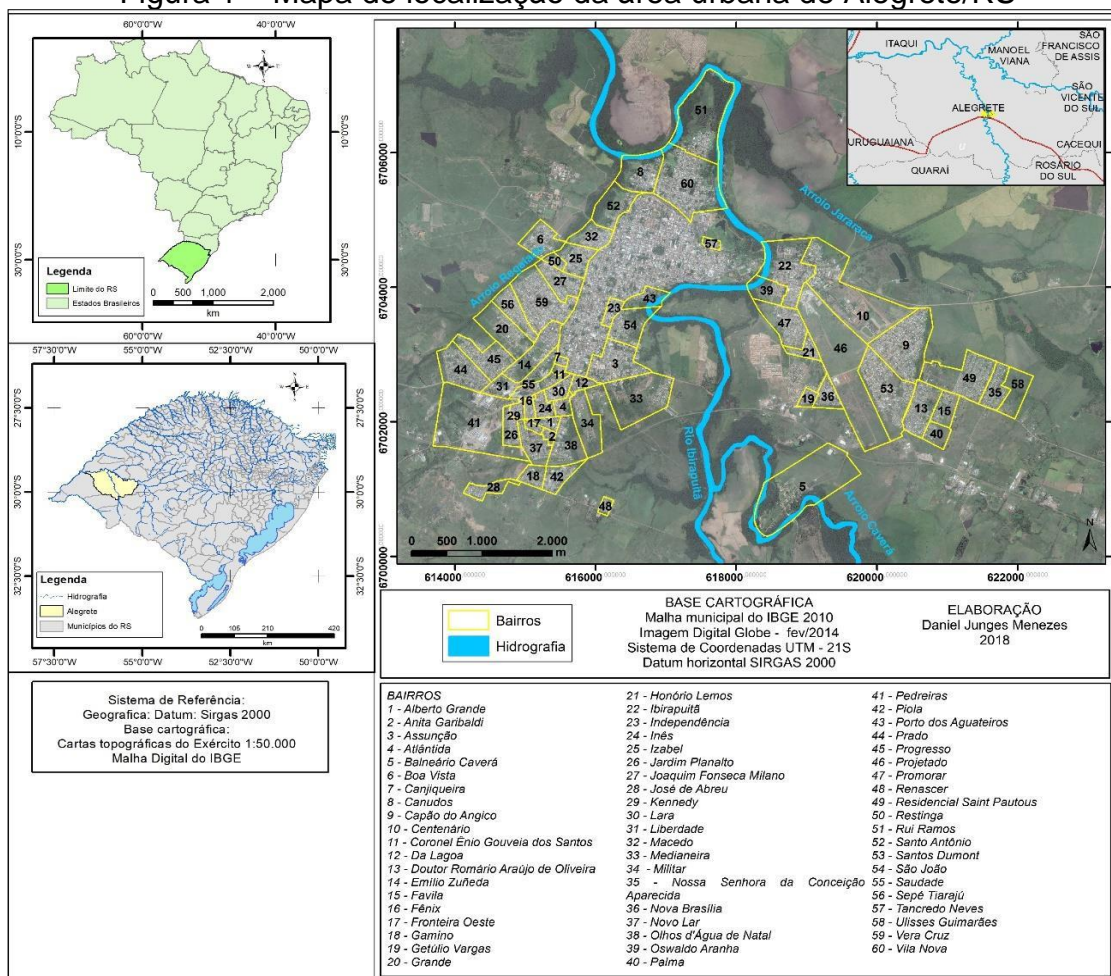
Área de Estudo

A área urbana do município de Alegrete está posicionada junto ao médio curso da bacia hidrográfica e alocada às margens do rio Ibirapuitã, sendo, frequentemente, atingida em períodos de extravasamento das águas do rio e de

seus tributários. A figura 1 apresenta a localização do município e a espacialização dos diferentes bairros que formam a área urbana.

Os eventos são recorrentes, estendendo-se por grande parte do sítio urbano e afetando uma parte expressiva da sua população, conforme apontam os trabalhos realizados por Kormann et al. (2011), Robaina et al. (2013), Menezes e Scoti (2013).

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



PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A integração do perigo de ocorrência de um evento, causador de danos, com os condicionantes de vulnerabilidade da área afetada permitiram a hierarquização de riscos. Assim, a identificação e avaliação de risco (R) deu-se a partir da análise dos perigos (P) em função do estudo da vulnerabilidade (V), sendo essa relação expressa pela equação 1.

$$R = P \times V \quad (1)$$

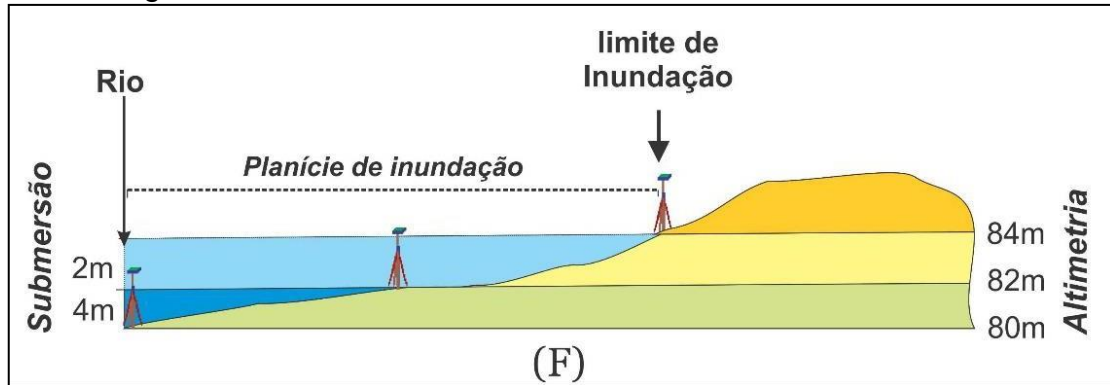
O zoneamento das áreas de perigo de inundação foi realizado utilizando as imagens de satélites obtidas gratuitamente a partir do aplicativo SAS Planet, sendo exportadas imagens GeoEye, datadas de agosto de 2016 e fevereiro de 2018, com resolução espacial de 0,5 metro, já mosaicadas e georreferenciadas no sistema de coordenadas SIRGAS 2000 - 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 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 e 1 para ocorrência de inundações (onde 1 é probabilidade máxima de ocorrência e 0, a de não ocorrência). Esses índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos.

Considera-se severidade a capacidade do evento para geração de perdas e danos avaliada por meio de parâmetros de magnitude do evento, como área atingida e altura da lâmina d'água. Tendo em vista essas duas grandezas, limite máximo de inundação e a elevação do nível da água em metros registrado nas réguas linimétricas, as estimativas de submersão das áreas afetadas puderam ser obtidas. Assim, a diferença entre a cota altimétrica numa dada área e a cota atingida por uma inundação, caracterizam o quanto a água elevou-se em dado recorte espacial.

O esquema abaixo (FIGURA 2) representa um perfil simplificado, em que, conforme medições de campo, a inundação tem o seu limite na cota de 84 metros, associadas a um rio cuja calha está na cota de 80 metros. A amplitude entre esses dois pontos, rio e cota máxima, marca a planície de inundação. Projetando-se o valor de 84 metros para todo o terreno até o rio, para toda e qualquer medida altimétrica entre esses dois pontos, a diferença em metros entre essa medida em relação ao limite de inundação terá como resultante o nível de submersão ou a altura da lâmina da água naquele ponto, indicando a severidade do processo.

Figura 2 - Cálculo do nível de submersão de áreas inundáveis.



Org.: Menezes, 2018.

Desse modo, estabeleceu-se para as inundações o índice de perigo considerando: o tempo de retorno (expresso em probabilidade) e a magnitude (severidade). Essa proposta metodológica pode ser expressa a partir da seguinte equação 2:

$$P = [p(\text{TR})] + [S_p] \quad (2)$$

onde, o Perigo “P” é a soma da probabilidade “p” associada a um determinado Tempo de Retorno “TR” e da severidade “Sp”, sendo $P = (0 \leq P \leq 1)$.

A análise de tempos de retorno das inundações foi estabelecida a partir da série histórica de cotas do rio Ibirapuitã. Os índices foram estabelecidos para os seguintes tempos de retorno: TR2, TR5, TR20, TR50 e maior que 50 anos (Tabela 01). Para um tempo de retorno de dois anos a probabilidade de ocorrência é de $1/p$, ou seja, de 50% a para cada ano.

Tabela 01 – Tempo de retorno, cotas atingidas e área afetada nas inundações

Tempo de retorno	Cota linimétrica (m)	Cota altimétrica (m)	Área afetada (ha)	Área afetada (%)	Grau de Perigo
TR 2	11,2	77,69	475,1	47,38%	0,918
TR 5	12,7	79,19	151,4	16,10%	0,453
TR 20	13,872	80,36	222,1	21,15%	0,186
TR 50	14,412	81,01	51,3	5,66%	0,101
TR >50	>14,4	> 82	77,2	7,70%	0,073
Total	-	-	1002,5	100%	

Para a análise da vulnerabilidade das áreas afetadas por processos de inundação, foram consideradas características dos usos e atividades expostas e padrão das construções (Vus), além de informações socioeconômicas da população (Vs). Utilizou-se dados do Censo do IBGE (2010), Cadastro Geo Alegrete (escala 1:2.000) da Prefeitura Municipal e Levantamento de Campo e vetorização de feições via interpretação de imagens orbitais.

Foram selecionados 51 setores censitários, 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: renda per capita, estratificadas por faixas de salário-mínimo. A unidade de quantificação da variável é o número de domicílios.

O padrão da ocupação e tipologia de uso estão definidos na tabela 02 e as informações do Censo estão apresentados na tabela 03.

Para as condições de padrão de ocupação e tipologia de uso, utilizou-se três níveis de vulnerabilidade (Vus): alto (1), médio (0,75) e baixo (0,5).

As informações retiradas dos setores censitários foram divididas em cinco níveis de vulnerabilidade (Vs): muito alto (1), alto (0,8), médio (0,6), baixo (0,4) e muito baixo (0,2). O cálculo deu-se a partir do 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 (Vs), conforme a equação 3:

$$Vs = \sum (\%)1 + (\%)0,8 + (\%)0,6 + (\%)0,4 + (\%)0,2 \quad (3)$$

O cálculo do índice de vulnerabilidade foi realizado partir de um banco de dados georreferenciado, em que às edificações foi conferida uma tabela de atributos contendo, em suas colunas, os critérios analisados e respectivas ponderações. O somatório dos dois valores de vulnerabilidade (Tabela 02 e Tabela 03), dividido por dois, resultou na Vulnerabilidade da área (V), conforme a equação 4:

$$V = (Vs + Vus) / 2 \quad (4)$$

A vulnerabilidade mais elevada ocorre em um setor com moradias de baixo padrão e com 92% de domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita ou com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário-mínimo.

Tabela 02 – Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade por tipologia de uso (Vus)

Categoria	Agrupamento/Descrição dos critérios	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

Tabela 03 – Agrupamento e pesos utilizados para análise da vulnerabilidade por setores censitários (Vs)

Variável	Agrupamento/Descrição	Peso em relação à vulnerabilidade
V1	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
V2	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário-mínimo	0,8
V3	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários-mínimos.	0,6
V4	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 2 a 3 salários-mínimos.	0,4
V5	Percentual de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 3 salários-mínimos.	0,2

A estruturação das informações sobre perigo e vulnerabilidade em um banco de dados espacialmente organizado permitiu a configuração de um cadastro, sendo possível verificar pontualmente situações de risco por edificações. A espacialização do número de residências, tendo em vista o risco, permitiu estimar o contingente atingido por inundações, considerando o setor censitário que contém cada moradia.

O índice é apresentado em valores agrupados em classes, sendo estabelecidos, para a área urbana de Alegrete, os seguintes graus de risco: Risco baixo (R1: < 0.05), Risco moderado (R2: 0,05 - 0,10), Risco médio

(R3:>0,10 - 0,30), Risco alto (R4: >0,30 - 0,60) e Risco muito alto (R5: > 0,60), conforme a tabela 04.

Foi utilizada a ferramenta *field calculator*, disponível no ArcGIS® (ArcMap 10.1) (ESRI, 2012), que permite operações com valores das variáveis disponíveis na tabela de atributos de arquivos vetoriais. A avaliação da metodologia proposta para a análise de risco foi realizada através de observações de campo, sendo verificadas as respostas de critérios ou ponderações utilizados, em observância com a área de estudo e hipóteses iniciais a respeito da espacialização do risco e seus componentes relacionados à dinâmica das inundações e elementos expostos.

Tabela 04 - Graus de risco de inundação em função do perigo e vulnerabilidade

Vulnerabilidade	Perigo a partir de diferentes tempos de retorno – TR				
	TR 2 (0,918)	TR 5 (0,045)	TR 20 (0,185)	TR 50 (0,101)	TR >50 (0,073)
+alta					
0,96	0,877	0,433	0,178	0,097	0,070
0,91	0,763	0,376	0,154	0,084	0,061
0,86	0,648	0,320	0,131	0,071	0,052
0,81	0,803	0,397	0,163	0,088	0,064
0,76	0,689	0,340	0,139	0,076	0,055
0,71	0,574	0,283	0,116	0,063	0,046
0,66	0,689	0,340	0,139	0,076	0,055
0,61	0,574	0,283	0,116	0,063	0,046
0,56	0,459	0,227	0,093	0,051	0,037
0,51	0,606	0,299	0,123	0,067	0,048
0,46	0,491	0,242	0,099	0,054	0,039
0,41	0,376	0,186	0,076	0,041	0,030
+baixa	+alto Perigo			+baixo Perigo	
Graus de Risco					
MUITO ALTO	ALTO	MÉDIO	MODERADO	BAIXO	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Risco de inundação na área urbana de alegrete

O risco expressa tanto a probabilidade de ocorrência, como as consequências causadas pelos eventos. Desse modo, o grau do risco é dado pela combinação da probabilidade de ocorrência do evento, em termos da sua magnitude, e de suas consequências, a partir do impacto nos elementos expostos.

Um ponto capital à compreensão dos riscos associados a inundações na área urbana de Alegrete é o fato que não são apenas os eventos naturais e o regime hidrológico dos rios Ibirapuitã e seus tributários que são determinantes,

mas também são o produto de envolventes sociais, políticos e econômicos, que interferem na forma como se estrutura a vida dos distintos grupos de pessoas e como se dá a ocupação no espaço.

Para cada grau de perigo associa-se um cenário de inundação, com variabilidade na área afetada e consequentes danos. Assim, para cada tempo de retorno, existiram variações na estimativa da área e do número de residências afetadas, com características distintas de vulnerabilidade, acarretando, conseqüentemente, distintos graus e níveis de risco de inundação na área urbana de Alegrete, essencialmente, um produto dessas variáveis.

A distribuição espacial dos processos e análise de risco é dada pela análise do mapa de risco de inundação apresentado na figura 3 (geral), Figuras 4 e 5 (detalhes) da área urbana de Alegrete e na tabela 05, onde está apresentado o número de edificações e população atingida nos diferentes graus de risco.

Figura 3 – Distribuição espacial do zoneamento das áreas de risco na área urbana de Alegrete (áreas suscetíveis ocupadas)

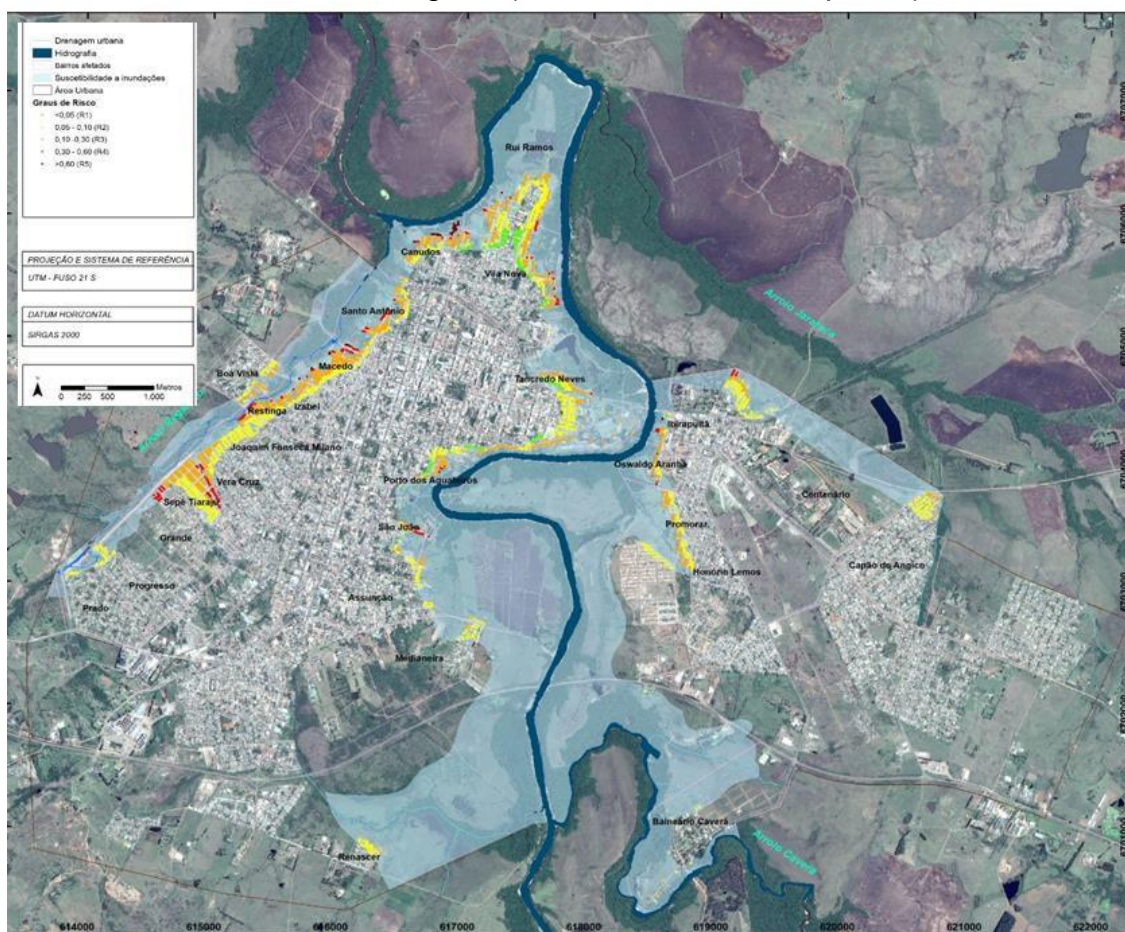


Tabela 05 – Relação entre os graus de risco e o número de população e edificações afetadas.

Risco	Edificações	%	População exposta	%
R1	169	5,6%	502	5,4%
R2	1.374	45,7%	4167	45,1%
R3	1.255	41,7%	3899	42,2%
R4	179	5,9%	566	6,1%
R5	32	1,1%	100	1,1%
Total	3.009	100%	9.234	100%

Figura 4 – Apresentação mais detalhada da distribuição espacial das áreas de risco nos setores A, B e C da área urbana de Alegrete

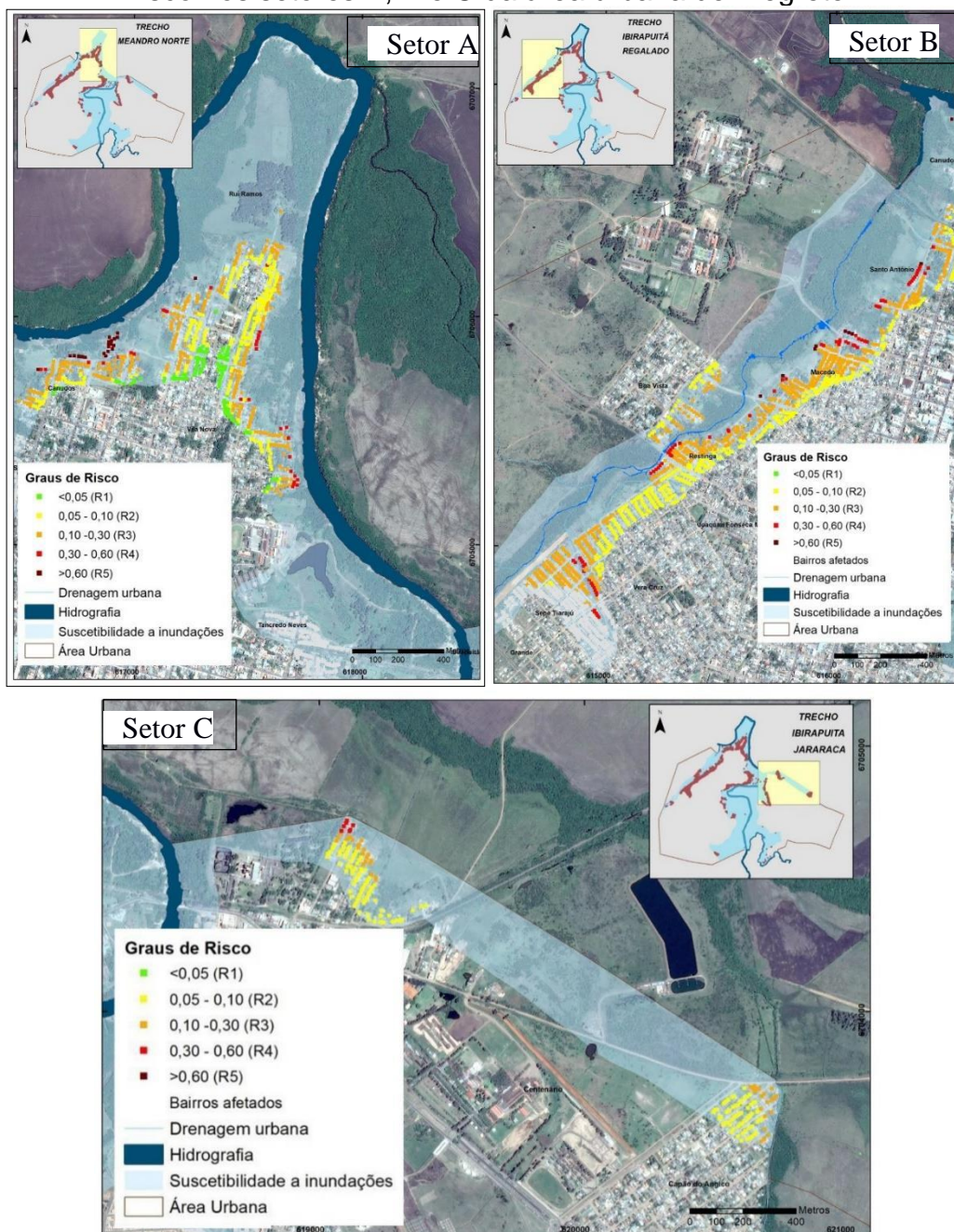
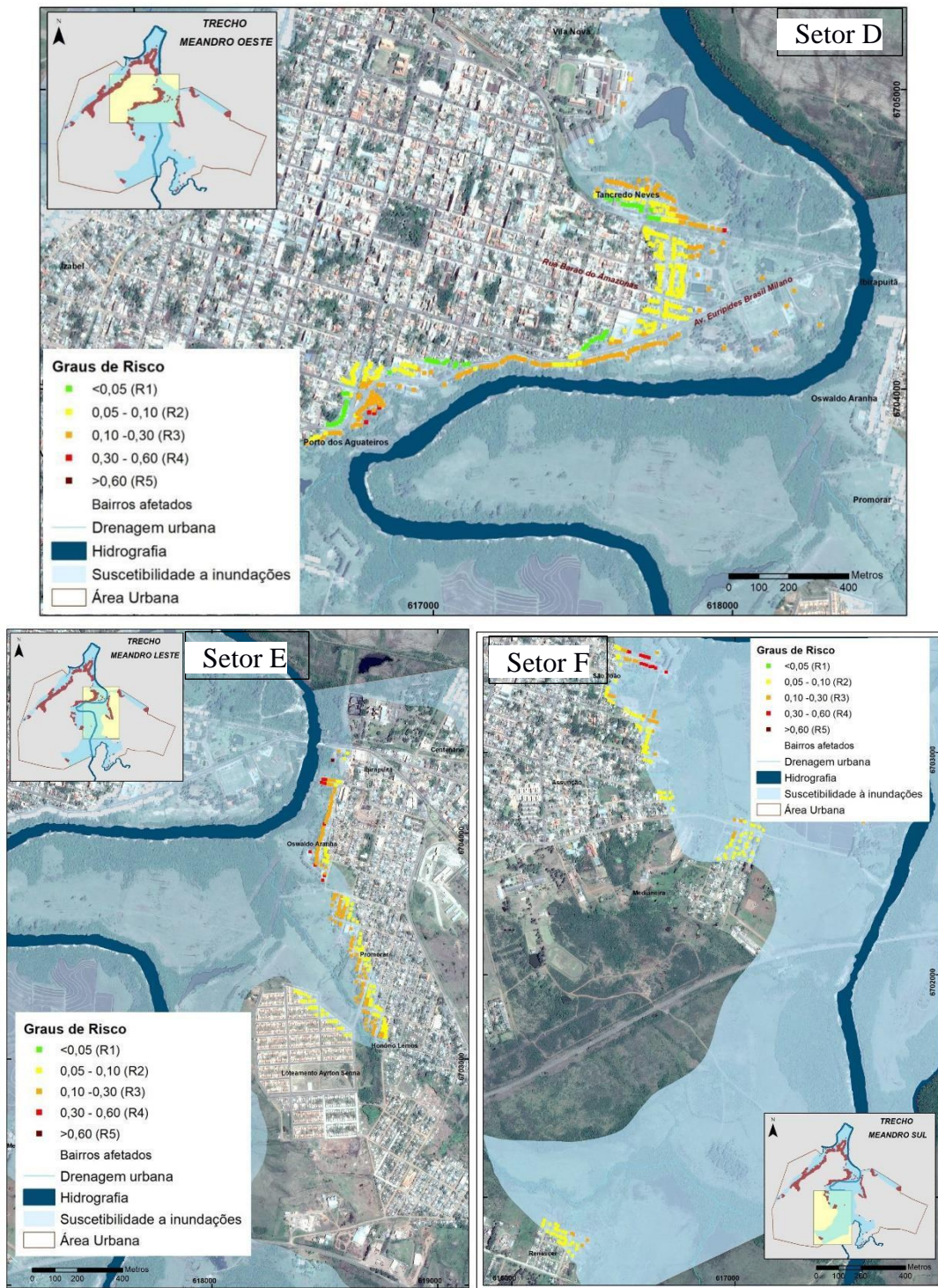


Figura 5 – Apresentação mais detalhada da distribuição espacial das áreas de risco nos setores D, E e F da área urbana de Alegrete



Os dados obtidos mostram que são 3.009 edificações afetadas por inundações na área urbana de Alegrete com população estimada de 9.234 habitantes (Figura 3 e tabela 05). Dessas edificações, foi considerado o risco mais elevado (R5) para 32 edificações localizadas, principalmente, na foz do arroio Regalado, quando deságua no rio Ibirapuitã, no bairro Canudos (FIGURA

4, setor B). Essas edificações localizam-se em áreas com tempo de recorrência de dois anos e vulnerabilidade de média a alta.

Nas condições de risco alto (R4), mais 179 edificações são afetadas e estão, principalmente, localizadas na margem direita do arroio Regalado. Associadas diretamente à área de inundação do rio Ibirapuitã, margem esquerda, ocorrem edificações afetadas nos bairros Rui Ramos (FIGURA 4, setor A), Vila Nova (Figura 4, setor B), Porto dos Agueiros (FIGURA 5, setor D) e São João (FIGURA 5, setor F), enquanto, na margem direita, nos bairros Ibirapuitã e Oswaldo Aranha (FIGURA 5, setor E). Ocorrem, também, edificações afetadas em uma área entre a margem direita do rio Ibirapuitã e seu afluente de nome Jararaca (Figura 3). Esse grau de risco é caracterizado por condições severas de tempo de retorno de dois anos, mas com vulnerabilidade das edificações de média a baixa, ou seja, em áreas bem estruturadas, com vias calçadas, esgotamento pluvial e padrão de construção. Ademais, marcam, condições de risco alto, áreas com tempo de retorno de cinco anos e vulnerabilidades de média a alta.

O risco médio ocorre nas áreas onde as inundações apresentam tempo de retorno de cinco anos e a vulnerabilidade definida está entre média e baixa. O grau de risco médio está representado, igualmente, em áreas com tempo de retorno de 20 anos, com vulnerabilidade entre média a alta. Essas inundações afetam mais 1.255 edificações, que, somadas aos riscos alto e muito alto, correspondem a 1.466 edificações, causando danos a mais de 4.000 habitantes. O grau de risco médio ocorre em todos os bairros que são afetados por inundações, o que representa uma situação de difícil gestão municipal.

O grau de risco moderado ocorre de forma ampla na área urbana e está representado, principalmente, por um período de retorno de 50 anos. Em tempo de retorno menor, TR de 20 anos, ocorre associado a edificações de baixa vulnerabilidade definidos pela renda, pelo padrão construtivo e por presença de infraestrutura urbana. Nas condições de tempo de retorno superior a 50 anos, esse grau de risco está associado a edificações de alta vulnerabilidade. O risco moderado ocorre em 1.374 edificações, afetando, aproximadamente, 4.167 habitantes na área urbana de Alegrete. Quando essa condição é atingida, as edificações localizadas em áreas de risco muito alto e alto necessitam intervenções diretas com a retirada dos habitantes.

As edificações que são afetadas por inundações com tempo de retorno superior a 50 anos são caracterizadas como risco baixo, quando apresentam de média a baixa vulnerabilidade. Nessa condição, ocorrem mais 169 edificações com uma população estimada de 500 habitantes. Essas condições ocorrem associadas às curvas fechadas, controladas por estruturas, que ocorrem no rio Ibirapuitã (Figura 3). Elas afetam os bairros Porto dos Agueiros e Tancredo Neves (FIGURA 5, setor D), localizados na primeira curva, e os bairros Vila Nova, Ruy Ramos e Canudos, na segunda (Figuras 4, setor A e setor B). Um processo com essa severidade causa danos elevados para os habitantes das áreas mais próximas ao rio Ibirapuitã e tributários, que estão submetidos às condições de grau de risco muito alto a médio, necessitando retirada dos habitantes.

O processo de inundação que ocorreu no ano de 2015 está registrado na figura 6, em que está apresentada uma fotografia da inundação no bairro Rui Ramos (Figura 6A), bairro Macedo (Figura 6B) e, a partir de uma visada no bairro Boa Vista, uma fotografia da inundação do arroio Regalado nos bairros Canudo, Santo Antônio e Macedo(Figura 6C).

Figura 6 - (A) Fotografia da Rua Joaquim Astrar no Bairro Rui Ramos; (B) Fotografia da rua Barão do Cerro Largo no Bairro Macedo; (C) Vista da entrada do 6° RCB (Regimento de cavalaria blindado) – Bairro Boa Vista da inundação do arroio Regalado e ao fundo o bairro Santo Antônio e bairro Macedo com inundação.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inundações, que ocorrem na área urbana de Alegrete, estão associadas a elementos naturais, que lhe caracterizam a suscetibilidade dada pela área sujeita a cheias do rio Ibirapuitã. Além disso, associam-se ao histórico da ocupação urbana junto às margens do rio e às condições sociais que configuraram a ocupação do espaço na área urbana. Essa coexistência entre cheias do rio e ocupação é expressa na valoração do risco, determinada aqui pelas relações entre suscetibilidade, perigo e vulnerabilidade e que apontou um panorama formado por uma significativa área inundável. Apresenta um grande número de edificações afetadas, a partir de diferentes circunstâncias de tempo, abrangência espacial e características intrínsecas a esses elementos expostos.

Para uma grande parcela da área urbana de Alegrete, se estabelece uma condição de risco com grande dinamismo, tendo em vista que elementos internos do sistema social e que reduzem a vulnerabilidade podem ser considerados como operantes, de forma independente aos eventos naturais.

O processo de ocupação desordenado e intervenções pode ser observado nas áreas de risco de toda área urbana de Alegrete, sendo estas submetidas constantemente a transformações espaciais. Portanto, a análise espaço-temporal aqui exposta apresenta uma representação do status atual do risco, podendo ser modificada, dependendo das ações de planejamento e gestão que venham a ser desenvolvidas a partir dos dados apresentados. Nessa perspectiva, emerge como um desafio diminuir o risco de inundação na área

urbana de Alegrete. Neste ponto, conhecer as áreas afetadas por processo de inundação permite, primeiramente, mitigar a probabilidade ou seus impactos.

O mapeamento e o zoneamento de riscos são, portanto, parte fundamental da gestão, em que se busca reconhecimento e descrição de riscos, tendo, como base, o contexto estabelecido nas diferentes situações. Por meio dessa análise, podem ser formuladas respostas ao risco, que permitem conviver com a inundação, reduzindo seus danos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio da FAPERGS, CNPQ e do programa de pós-graduação em Geografia da UFSM.

REFERÊNCIAS

BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: a visão do planejamento. In: **VI Congresso Consad** – Trabalhos Apresentados. Centro de Convenções Ulysses Guimarães. Brasília/DF. 16, 17 e 18 de abril de 2013. 24 p.

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

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176 p.

CASTRO, A.L.C. **Manual de planejamento em defesa civil.** Volume III. Acesso em julho de 2016. Disponível em: [http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=1e21076c-73f1-46c2-982a-26fcd4c6c332&- groupId=10157](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=1e21076c-73f1-46c2-982a-26fcd4c6c332&-groupId=10157)

CUNHA, L. e LEAL, C.; Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais. Exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas (Portugal). In Passos, M. M., Cunha, L. e Jacinto, R. (Org.). As novas geografias dos países de língua portuguesa. Paisagens territórios e políticas no Brasil e em Portugal, **Geografia em Movimento**, São Paulo, pp. 4766, 2011.

CUTTER, S.; Boruff, B.J.; Shirley, W.L. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, n. 18, p. 598-606, 2003.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Digitais. Municípios 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso junho de 2016.

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.

KORMANN, T. C.; ROBAINA, L. E. S.; SCHIRMER, G. J.; Mapeamento do risco de inundação na área urbana de Alegrete – RS. In: Encontro de geógrafos da América Latina, 13., 2011. San Juan – Costa Rica. **Anais...** San Juan: 2011. CDROM. s/p

KUHNEN, A. Meio ambiente e Vulnerabilidade: a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. **Geografia**, Londrina, v. 18, n. 2, p.37-52 2009.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, ANPPAS, v.7, n.2, p.95-109, jul./dez. 2004.

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

MENEZES, D. J. **Proposta metodológica para análise espaço - temporal de inundações: aplicação na área urbana de Alegrete – RS**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) 2018. 267p.

MORI, K; PERRINGS, C. Optimal management of the flood risks of floodplain development. **Science Of The Total Environment**, 2012, Vol.431, pp.109-121

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

REBELO, F. Um Novo Olhar Sobre os Riscos? O Exemplo das Cheias Rápidas (Flash Floods) em Domínio Mediterrâneo. **Territorium**, v. 15, p. 7-14, 2008.

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.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J. **Zoneamento das inundações na área urbana de Alegrete - Rio Grande do Sul – Brasil**. Geociências (São Paulo. Online), v. 32, n.2, p. 346-355, 2013.

SARAIVA, R.G. A abordagem comportamental do direito e da economia das catástrofes naturais. In: Carla Amado Gomes / Rute Gil Saraiva (Coord.), **Atas do colóquio Catástrofes Naturais: uma realidade multidimensional**, ICJP – Lisboa. 24 Outubro 2012.

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.

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

André Ricardo Furlan; Romario Trentin

DOI: 10.5380/geografar.v16i2.79076

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 essas 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 à 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 à definição e análise do risco. Dessa forma, foi exequível realizar uma análise em 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 está condicionada ao risco alto.

Palavras-chave: SIGs; Perigo; Vulnerabilidade.

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

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, conseqüentemente, degradando áreas e causando interferência direta na qualidade de vida da população, o que é 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 a probabilidade ou a própria ocorrência de um evento que possa causar prejuízo.

Um evento físico pode transformar-se em perigo quando componentes sociais e econômicos estão sujeitos à possibilidade de danos ou perdas, caso contrário, não constitui perigo. Neste sentido, Figuera (2012; 115) enfatiza que “toda amenaza es una construcción social, apesar 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 especialização 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 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 um exame 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, perpassando pela análise da bacia hidrográfica

(MENDONÇA, 2000; BOTELHO; SILVA, 2004; BOTELHO, 2011, 2015) e pela 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) ganharam 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) afirma 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. Neste 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) assinalam 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 enquadra-se 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 apresenta-se como uma parcela cadastral de toda e qualquer porção da superfície terrestre (BRASIL, 2009). Ressalta-se que a cartografia representada pelo cadastro multifinalitário evidencia uma dimensão que abrange parcelas detalhadas, o 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. Neste 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 à 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). Neste 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, alterando, desse modo, a composição da tabulação dos dados relacionados ao perigo e à vulnerabilidade. A matriz de correlação também foi modificada e passou 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 à 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, 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.

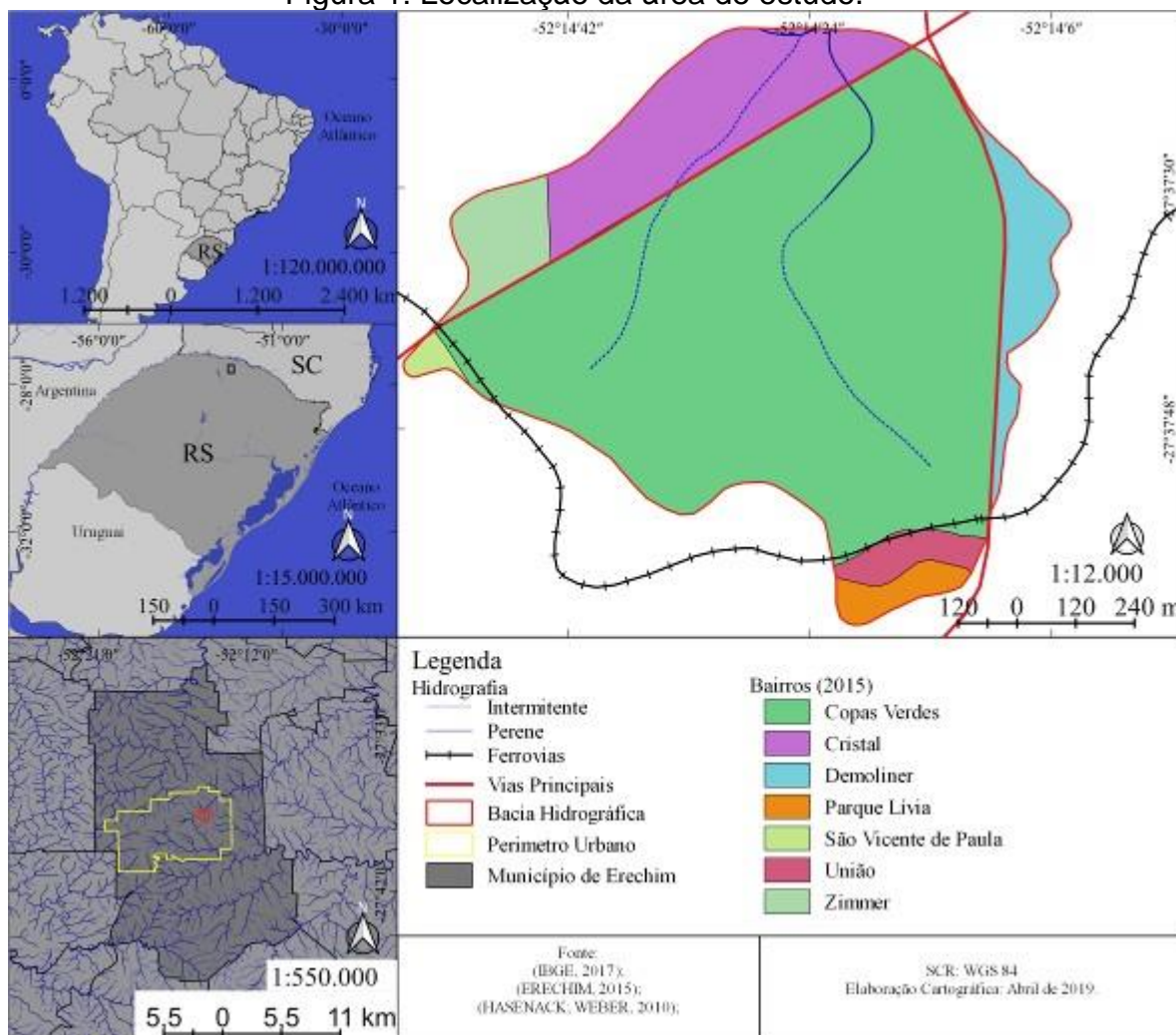
METODOLOGIAS

Identificação da área de estudo

A bacia hidrográfica analisada possui uma área aproximada de 1,106 km². Sobrepõe-se sobre seis bairros, de Sul em direção ao Norte, encontram-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 ter 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 é destinada 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, foram necessários, 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 obter-se 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 às bacias hidrográficas (Quadro 1). Assim, foram divididos os domicílios que estão em cotas altimétricas altas, que se encontram próxima às 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, em que 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 à 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.

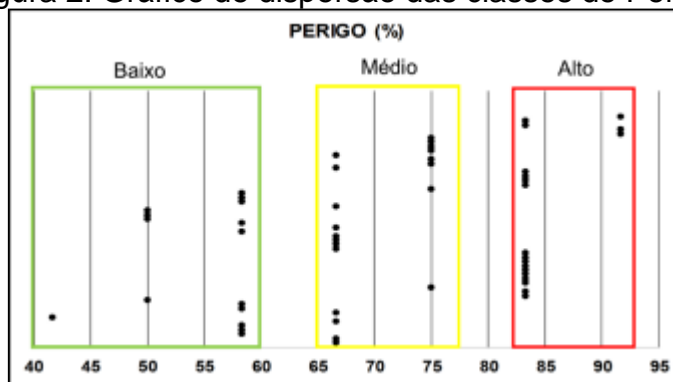
Quadro 2: Descrição das classes de perigo.

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

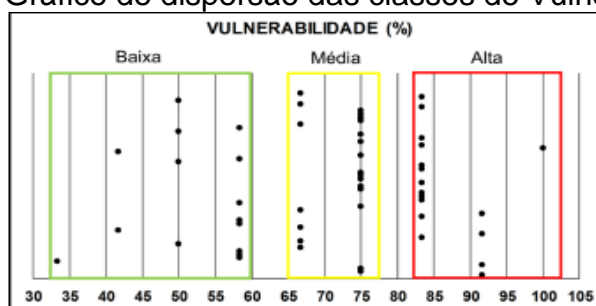
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Conforme o 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. Este pode tornar-se 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 comparada à quadra 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 auxilia na identificação das diferenças socioeconômicas.

Na Figura 3, 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 espacializados 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.

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

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

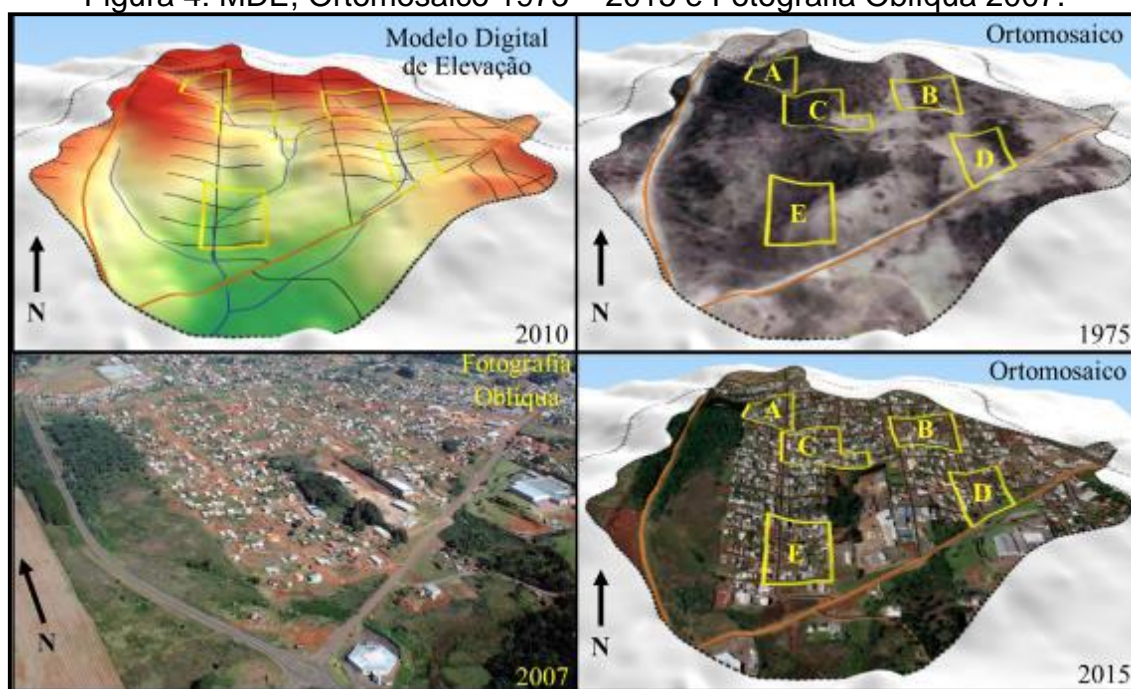
R = P x V	V 1 (1)	V 2 (2)	V 3 (3)
P 1 (1)	R 1 (1)	R 1 (2)	R 2 (3)
P 2 (4)	R 1 (4)	R 2 (8)	R 3 (12)
P 3 (9)	R 2 (9)	R 3 (18)	R 3 (27)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

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 chegando 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.

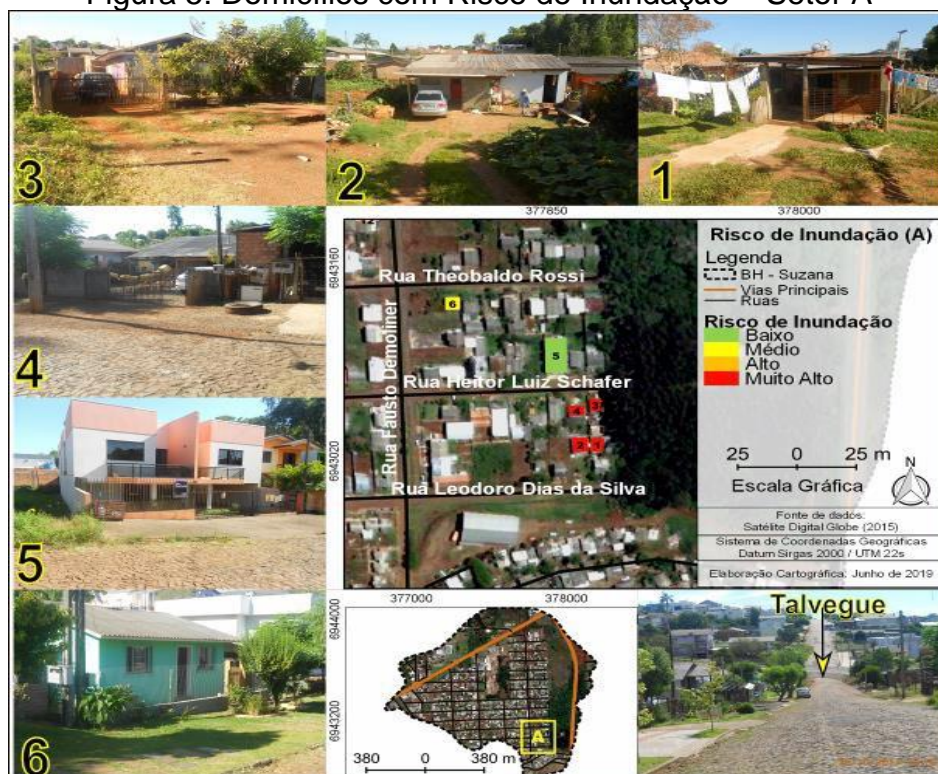
Figura 4: MDE, Ortomosaico 1975 – 2015 e Fotografia Oblíqua 2007.



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 próxima às residências ou até mesmo passa embaixo delas, sendo que, com 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 em R3, consta com V3 e P2, o domicílio dois está em 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



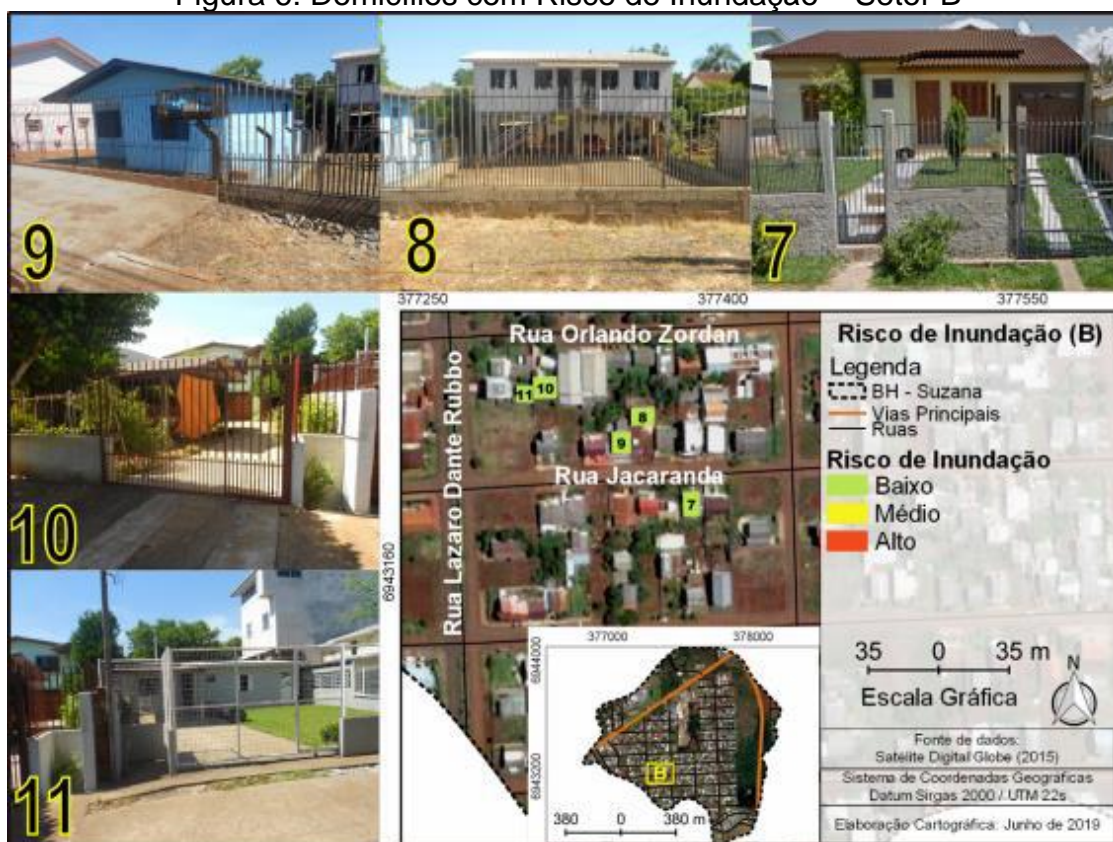
O domicílio três situa-se sobre R1, isso em decorrência da V2 e P1, o domicílio quatro foi categorizado com V3 e P1, dessa forma, corresponde ao R2, o domicílio cinco equivale a V1 e P1, apresentando R1, essas residências encontram-se à Rua Heitor Luiz Schafer. A última residência desse setor também possui R1, devido ao Perigo e à Vulnerabilidade serem categorizados baixos, esse domicílio encontra-se à 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

encontra-se 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 têm, 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 se encontra 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, pode ser obstruída.

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 possuem, como características, o P2 e V1, sendo identificados 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 são 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 ressaltar 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 multifinaliário, 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 Uruguaiana/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.

ALMEIDA; L. Q. de. **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_PROPOSTAPARAMAPEAMENTODEAREADERISCODEINUNDACAOEMESCALADEDETALHENABACIAHIDROGRAFICADORIOSUZANA_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.

MENDONCA, 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 Tamandateí - 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 Jaguarí/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.

URBANIZAÇÃO E EXPOSIÇÃO AO PERIGO DE INUNDAÇÃO: UM ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO HENRIQUE, ERECHIM, RS

André Ricardo Furlan; Romario Trentin

DOI: 10.18227/2177-4307.acta.v15i37.5896

Resumo: O recorte espacial de uma bacia hidrográfica torna-se a escala de análise apropriada para estudos ambientais, visto que, em sua área, podem ser constatadas diferentes alterações, por conseguinte, seus reflexos e impactos. Com o processo de urbanização, visualizam-se interferências na superfície terrestre, em decorrência dessas perturbações, criam-se diferentes componentes que expõem a população ao perigo de inundação. O objetivo da pesquisa consiste em identificar domicílios com diferentes níveis de perigo na bacia hidrográfica do rio Henrique, na área urbana de Erechim, em função do processo de urbanização com planejamento inadequado, ao longo de 40 anos. Para viabilizar o trabalho, foi utilizado processo de fotogrametria para elaborar o modelo digital do terreno, assim, elaborando mapa hipsométrico e declividade. Para analisar as transformações ao longo dos anos, foram processadas fotografias aéreas dos anos de 1975 e 1989, e imagens de satélite 2010 e 2015, assim, obtendo uma análise temporal de 40 anos. Em direção de verificar o perigo, foram analisadas fontes de dados secundários e criados dados primários a partir da análise de campo, todas as informações tabuladas apresentaram três níveis de perigo para os domicílios afetados por inundação. Os resultados demonstram que foram realizadas construções de loteamentos sobre os canais e terraços fluviais e, ao longo de 40 anos, os usos da bacia alteraram-se de rural para urbano, sendo que isso resulta na exposição de 68 domicílios ao perigo. Portanto, pode-se afirmar que urbanização sem planejamento adequado expõe a população ao perigo de inundação devido às interferências realizadas na bacia hidrográfica.

Palavras-Chaves: Área Urbana; SIG; Fotogrametria.

URBANIZATION AND EXPOSURE TO FLOOD HAZARD: A STUDY IN THE WATERSHED OF HENRIQUE RIVER, ERECHIM, RS

Abstract: The spatial clipping of a watershed becomes the appropriate analysis scale for environmental studies, since in its area different alterations can be observed, therefore, their reflexes and impacts. With the urbanization process, interferences in the land surface are visualized, as a result of these disturbances, different components are created that expose the population to the hazard of flooding. The objective of the research is to identify households with different levels of hazard in the Henrique river basin, in the urban area of Erechim, due to the poorly planned urbanization process over 40 years. To make the work feasible, a photogrammetry process was used to elaborate the digital terrain model, thus elaborating a hypsometric map and slope. To analyze the transformations over the years, aerial photographs from the years 1975 and 1989, and satellite images 2010 and 2015 were processed, thus obtaining a 40-year temporal analysis. In order to verify the hazard, secondary data sources were analyzed and primary data were created from the field analysis; all tabulated information presented three danger levels for flood-affected households. The results show that allotments were built on the canals and river terraces, and over 40 years the watershed uses changed from rural to urban, resulting in 68 households being exposed to the hazard. Therefore, it can be stated that urbanization without proper planning exposes the population to the hazard of flooding due to the interference made in the watershed.

Keywords: Urban Area; SIG; Photogrammetry.

URBANIZACIÓN Y EXPOSICIÓN AL PELIGRO DE INUNDACIÓN: UN ESTUDIO EN CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO HENRIQUE, ERECHIM, RS

Resumen

El recorte espacial de una cuenca se convierte en la escala de análisis adecuada para los estudios ambientales, ya que en su área se pueden observar diferentes alteraciones, por lo tanto, sus reflejos e impactos. Con el proceso de urbanización, se visualizan las interferencias en la

superficie de la tierra, como resultado de estas perturbaciones, se crean diferentes componentes que exponen a la población al peligro de inundaciones. El objetivo de la investigación es identificar hogares con diferentes niveles de peligro en la cuenca del río Henrique, en el área urbana de Erechim, debido al proceso de urbanización mal planificado durante 40 años. Para hacer el trabajo factible, se utilizó un proceso de fotogrametría para elaborar el modelo digital del terreno, elaborando así un mapa y una pendiente hipsométricos. Para analizar las transformaciones a lo largo de los años, se procesaron fotografías aéreas de los años 1975 y 1989, e imágenes satelitales 2010 y 2015, obteniendo así un análisis temporal de 40 años. Para verificar el peligro, se analizaron fuentes de datos secundarias y se crearon datos primarios a partir del análisis de campo; toda la información tabulada presentaba tres niveles de peligro para los hogares afectados por inundaciones.

Palabras clave: Área urbana; SIG; Fotogrametría.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico experienciado durante as últimas décadas apresenta um quadro de transformações e alterações do modelado terrestre. Diante desse processo, encontra-se a criação de novas formas sobre a superfície, primordialmente, em áreas urbanas. As novas formas estão condicionadas às interferências antrópicas, destacando a utilização de maquinários para implementação de aterros em áreas de banhado, canalização dos canais fluviais, entre outros. Todas as transfigurações citadas anteriormente alteram toda dinâmica presente em uma bacia hidrográfica.

Destaca-se, assim, que a escala de análise propícia para identificação dos efeitos da urbanização corresponde à bacia hidrográfica. Nela, as transformações são evidenciadas de maneira mais aguda e, a partir da bacia hidrográfica, consegue-se implementar o ordenamento territorial e o planejamento ambiental.

Neste sentido, as bacias hidrográficas contidas em áreas urbanas apresentam maiores transformações antropogênicas. Isso ocorre devido à demanda para construção de novos loteamentos devido ao aumento constante da população urbana e da especulação imobiliária. Contudo, tendo em vista que a ocupação urbana sem planejamento ambiental adequado amplifica uma série de problema ao longo dos anos (GUERRA e MARÇAL, 2009; JORGE, 2011).

Portanto, a bacia hidrográfica corresponde a uma célula de suma importância para diagnósticos ambientais, apresentando-se como uma escala apropriada para análise geomorfológica e geográfica, em que podem ser inferidas ações que venham a contribuir com o planejamento ambiental (MENDONÇA, 2000; BOTELHO e SILVA, 2004; BOTELHO, 2011, 2015; CUNHA e GUERRA, 2012).

A questão das inundações, geralmente, está relacionada ao aumento da precipitação e à vazão nos picos de cheia, que derivam, muitas vezes, do estrangulamento das seções transversais dos rios, o que é causado por canalizações, aterros indevidos, acúmulo de lixo e assoreamento. Todas essas alterações realizadas nos canais fluviais apresentam diversos fatores que imprimem de maneira negativa as intervenções efetuadas pelo ser humano nas dinâmicas naturais do leito maior e menor do canal (CUNHA, 1994; VIEIRA e CUNHA, 2005).

Em decorrência dos processos de inundação em área urbana, surge a discussão no entorno da conceituação dos perigos naturais ou Natural Hazards, na língua inglesa. Essa terminologia é ampla e, muitas vezes, o termo perigo pode ser considerado como ameaça, correspondendo a Amenaza em espanhol. Uma terminologia também correspondente ao perigo diz respeito à Aléa, utilizada na Geografia francesa.

Neste sentido, verifica-se que um perigo natural pode ser de origem natural ou antrópica, mas sua força motriz constitui-se por um elemento natural, no caso da inundação, o fluxo d'água. Tem-se, então, que o perigo torna-se a possibilidade da ocorrência de um evento natural que afeta a sociedade e pode gerar danos às infraestruturas, além de causar diversos prejuízos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002; MARANDOLA Jr e HOGAN, 2004; CASTRO et al., 2005; VEYRET e RICHEMMOND, 2007; THOURET, 2007; ALMEIDA, 2011; ROBAINA e TRENTIN, 2013; RIFFEL et al, 2016; OLIMPIO e ZANELLA, 2017ab).

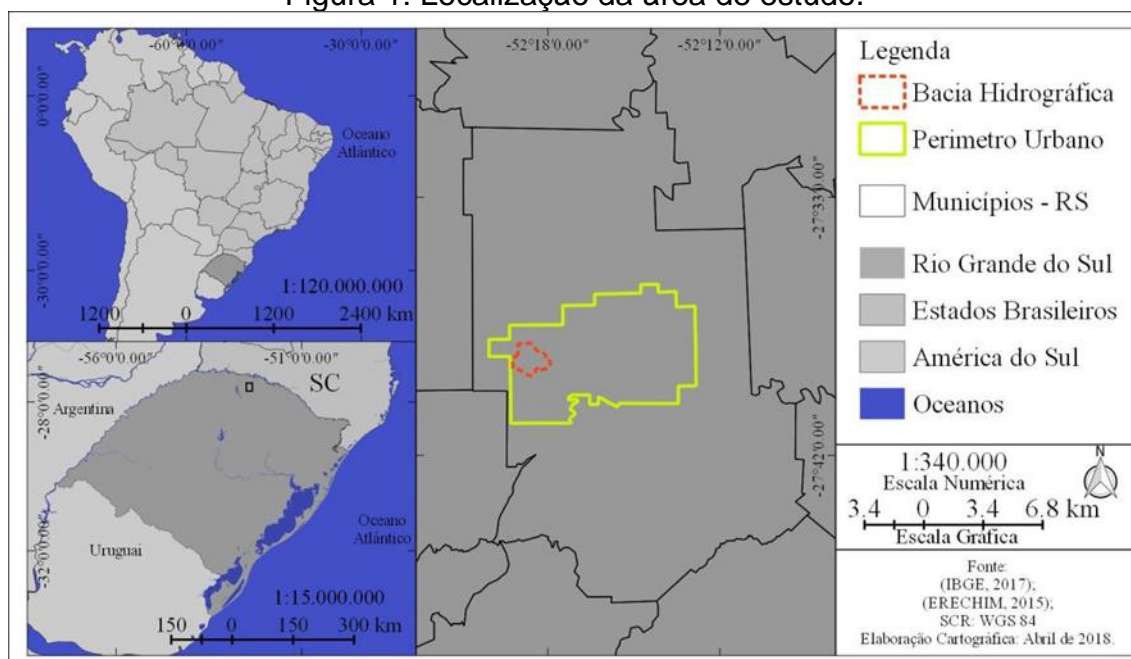
O objetivo do trabalho corresponde em analisar as transformações na cobertura e uso da terra ao longo de 40 anos, buscando compreender como o aumento das áreas urbanizadas expõe os domicílios ao perigo de inundação. O desenvolvimento do trabalho ocorreu na bacia hidrográfica do rio Henrique, que se encontra na área urbana de Erechim, estado do Rio Grande do Sul. A estrutura do trabalho encontra-se a partir de breve introdução, apresentando os fundamentos teóricos, na sequência, a delimitação e caracterização das áreas de estudo, os materiais e métodos utilizados, a análise dos resultados e as considerações finais.

Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Henrique (2,86 km²) encontra-se situada dentro do limite do perímetro urbano do município de Erechim, que se situa na porção norte do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). A litologia corresponde à Formação Serra Geral representado pela Fácies Paranapanema (K1 beta pr) (CPRM, 2007).

A precipitação varia aproximadamente entre 1700 – 1900 mm ao ano, os meses mais chuvosos ocorrem na primavera com um volume de 175 – 215 mm. As altitudes elevadas do Planalto Basáltico associado ao sistema atmosférico favorecem o volume de precipitação. As formas do relevo dessa área contribuem para os elevados totais pluviométricos, visto que a posição em que se encontra o vale do rio Uruguai, localizado no norte do estado do RS, faz com que ocorra ascensão de ar nas direções de Santa Catarina (norte) e Rio Grande do Sul (sul) (ROSSATO, 2011).

Figura 1: Localização da área de estudo.



Elaboração: Autores (2019)

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo do trabalho, foram avaliados os dados disponíveis e a escala possível para adequação metodológica, também foram analisadas as possibilidades de execução. Dessa forma, as sistematizações dos dados da área

de estudo foram a partir das rotinas de trabalho relatadas em Fitz (2008a, 2008b) com utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Modelo Digital do Terreno

Para realizar a análise na bacia do rio Henrique, foi necessária a utilização de fotografias aéreas de 1989, para a construção das bases topográficas, pois, as cartas topográficas 1:2.000 (AGRITEC, 1990) cobrem apenas 75% da área da bacia hidrográfica. Assim, utilizaram-se os pontos cotados coletados nas cartas topográficas, possibilitando realizar o processo de fotogrametria, visto que os pares de fotografias cobrem toda a bacia hidrográfica.

Utilizou-se para o processamento de fotogrametria o software PhotoScan, da Agisoft, versão 1.0.4, modo Trivial. O aplicativo PhotoScan foi de extrema importância para a implementação das rotinas fotogramétricas e, mesmo com a utilização da versão Trivial do aplicativo, conseguiu-se atingir o objetivo na geração das curvas de nível.

Portanto, utilizou-se o Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do Modelo Digital do Terreno (MDT), Modelo Digital de Elevação (MDE) e Modelo Digital de Superfície (MDS). Para a produção de Produtos Cartográficos Digitais, verifica-se que os dados utilizados encaixam-se em análises referentes à escala de 1:1.000 como pode-se observar no quadro abaixo.

Quadro 1: Parâmetros utilizados pela DSG (2016).

Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica (PEC) pontos cotados e Produção de Produtos Cartográficos Digitais (MDT, MDE E MDS) 1989		
	1:1.000 (Egd = 1m)	
	PEC (m)	EP (m)
PEC – PCD (A)	0,27	0,17
Processado Agisoft	0,19	0,07
Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica (PEC) curvas de nível (MDT, MDE E MDS) 1989		
Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica Produção de Produtos Cartográficos Digitais	1:1.000 (Egd = 1m)	
	PEC (m)	EP (m)
PEC – PCD (A)	0,50	0,33
Processado Agisoft	0,19	0,07

Elaboração: Autores (2019)

Após a obtenção desses dados foi viável, com a utilização das geotecnologias, criar Modelos Digitais do Terreno (MDT), a partir desse dado, tornou-se possível distinguir sete classes hipsométricas e quatro classes de declividade.

Elaboração de Carta Imagem

Buscou-se realizar uma análise das transformações da cobertura e uso da terra a partir da sobreposição de fotografias aéreas do levantamento aerofotogramétrico dos anos de 1975 e 1989 e de imagens de satélite de 2010 e 2015. Assim, foi possível identificar distintos estágios de urbanização em uma escala temporal de 40 anos, o que, dessa forma, possibilitou classificar as principais áreas que ocorreram processos de transformações antropogênicas.

A partir de fotogrametria foram criados ortomosaicos no software PhotoScan, da Agisoft para o ano de 1975 e 1998. No Quadro 2, identifica-se que o ortomosaico de 1975 corresponde à classe A em uma escala de 1:10.000. O ortomosaico criado para análise de 1989 corresponde ao padrão, classe C, em uma escala de 1:1.000.

Quadro 2: Parâmetros utilizados pela DSG (2016).

Padrão de Exatidão Cartográfica da Planimétrica dos Produtos Cartográficos Digitais	1:10.000 (1975)	
	PEC (m)	EP (m)
PEC – PCD (A)	2,80	1,70
Processado Agisoft	2,28	1,34
Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica Produção de Produtos Cartográficos Digitais	1:1.000 (1989)	
	PEC (m)	EP (m)
PEC – PCD (C)	0,80	0,33
Processado Agisoft	0,76	0,07

Elaboração: Autores 2019

Para análise da imagem de satélite, foram utilizados o World View2, com resolução espacial de 0,5 metros. A data da imagem é de 18 de março de 2010. Para o ano de 2015, foi utilizada a imagem do satélite Digital Globe, de 04 de outubro de 2015. Portanto, as imagens de satélite e o ortomosaico de 1989 possuem definição suficiente para atividades cartográficas com precisão de escala satisfatória até a escala de 1:2000. A imagem de 1975 corresponde ao detalhamento de 1:10.000 e apresenta nitidamente a cobertura e uso da terra.

Identificação de áreas suscetíveis a partir de inventário e classificação do perigo

Para realizar o diagnóstico do perigo, primeiramente, foi necessário efetivar o levantamento espaço-temporal das inundações. Foi preciso distinguir a periodicidade e os principais locais em que ocorrem os processos. Assim, foi

possível espacializar as áreas com processos de inundação, onde foi realizada pesquisa de dados disponíveis para análise dessa área.

Salienta-se que, em decorrência de a escala de trabalho adotada na pesquisa, não foi possível obter dados com medições precisas, como a de precipitação, por efeito de inexistência de estações meteorológicas na área de estudo. Dessa forma, buscou-se realizar uma análise focada na bacia hidrográfica, realizando um levantamento de detalhe e de cadastro, possibilitando coleta de dados primários realizados a partir de trabalhos de campo.

Dessa forma, foi realizado levantamento nos órgãos competentes (Defesa Civil) e no arquivo histórico municipal, averiguando, assim, as datas de ocorrência de eventos nos jornais de circulação municipal para construção de banco de dado.

Após o levantamento do inventário temporal das inundações, passou-se a delimitar os recortes espaciais com registros de inundação, visualizado a partir da investigação do inventário de inundação e a partir de trabalho de campo. Para hierarquizar as áreas de perigo em três classes (alto, médio e baixo), foi necessário estabelecer parâmetros baseados na recorrência do episódio, na cota altimétrica da compartimentação da bacia hidrográfica e na potencialidade da ocorrência de inundação.

A composição da variável Inventário de Inundação (II) corresponde às ruas que não possuem registros e recebem nota menor (1), às ruas que apresentam até um registro de processo de inundação ganham nota intermediária (2), as ruas cujo processo está registrado com mais de dois episódios de inundação recebem nota máxima (3), assim, demonstrando a recorrência do processo (Quadro 5).

A segunda variável elaborada Potencialidade da Inundação (PI) foi empregada a partir de análise empírica e laboratorial que consiste basicamente em três etapas descritas no Quadro 3.

O último dado apresentado consta da posição topográfica (PB) das residências correspondentes às bacias hidrográficas (Quadro 4). Assim, foram divididos os domicílios que estão em cotas altimétricas altas, que se encontram próximas às nascentes dos canais, assim recebendo nota menor (1), pois o fluxo da água não se encontra com volume alto. A classe intermediária corresponde

as cotas do médio curso, em que o fluxo e o volume da água começam a ficar concentrado, recebendo nota intermediária (2). A última classe está relacionada à compartimentação mais baixa da bacia hidrográfica, sendo que, nessa área, o fluxo torna-se concentrado e o volume da água maior, assim, ocasionando maior perigo à população e corresponde à maior nota (3).

Quadro 3 - Etapas do trabalho de campo.

1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
<ul style="list-style-type: none"> Análise morfométrica da bacia hidrográfica; Elaboração de croquis em laboratório; Conferência em campo das alterações antropogênicas, dos locais planos próximos ao canal e de áreas de fluxo convergente. 	<ul style="list-style-type: none"> Verificação dos domicílios encontrados sobre a área de possível inundação; Diálogo com moradores para identificação da magnitude do processo, identificando os domicílios e o total da área atingida, assim como o nível da água durante o processo. 	<ul style="list-style-type: none"> Conferência dos domicílios que se encontram sobre o processo de inundação; Identificação das principais transformações no uso da terra e no leito fluvial nas áreas inundadas; Categorização da variável potencialidade de inundação.

Elaboração: Autores (2019)

Quadro 4: Descrição das classes de perigo.

Parâmetro	Nota	Henrique
Alto	1	765 – 761 m
Médio	2	758 – 755 m
Baixo	3	732 – 726 m

Elaboração: Autores (2019)

O que agrava o processo de inundação está relacionado à canalização e ao tamponamento dos canais originais, pois isso faz com que o fluxo da água concentre-se e a probabilidade de obstrução desses canais é maior, assim, fazendo com que as pressões sobre as tubulações aumentam, acentuando a suscetibilidade da ocorrência da inundação.

O Quadro 5 apresenta os parâmetros utilizados para classificação do perigo, a partir das três variáveis, em que cada parâmetro utilizado corresponde a uma nota que condiz a uma porcentagem, que possui um total de 100%.

A partir da somatória dos dados foram definidas as três classes que compõem a análise do perigo como apontados no Gráfico 1. A partir do Gráfico 1, identifica-se que a classe Perigo Baixo encontra-se entre as porcentagens que variam entre 33 e 47, o Perigo Médio distribui-se entre as porcentagens 60 e 77.

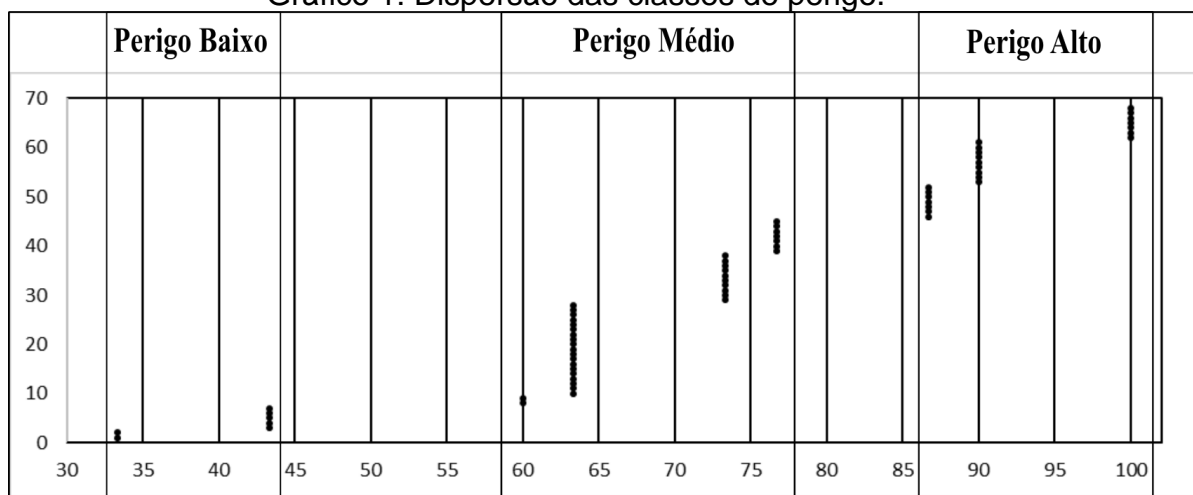
O Perigo Alto concentra-se entre as porcentagens 87 e 100, dessa forma, pode-se classificar o Perigo em três diferentes níveis.

Quadro 5: Descrição das classes de perigo.

Perigo de Inundação dos Domicílios								
Inventário de Inundação (II)			Potencialidade da Inundação (PI)			Posição na BH (PB)		
Parâmetro	Nota	Peso 30%	Parâmetro	Nota	Peso 40%	Parâmetro	Nota	Peso 30%
0	1		Baixa	1		Alto	1	
1	2		Média	2		Médio	2	
1 <	3		Alta	3		Baixo	3	

Elaboração: Autores (2019)

Gráfico 1: Dispersão das classes de perigo.



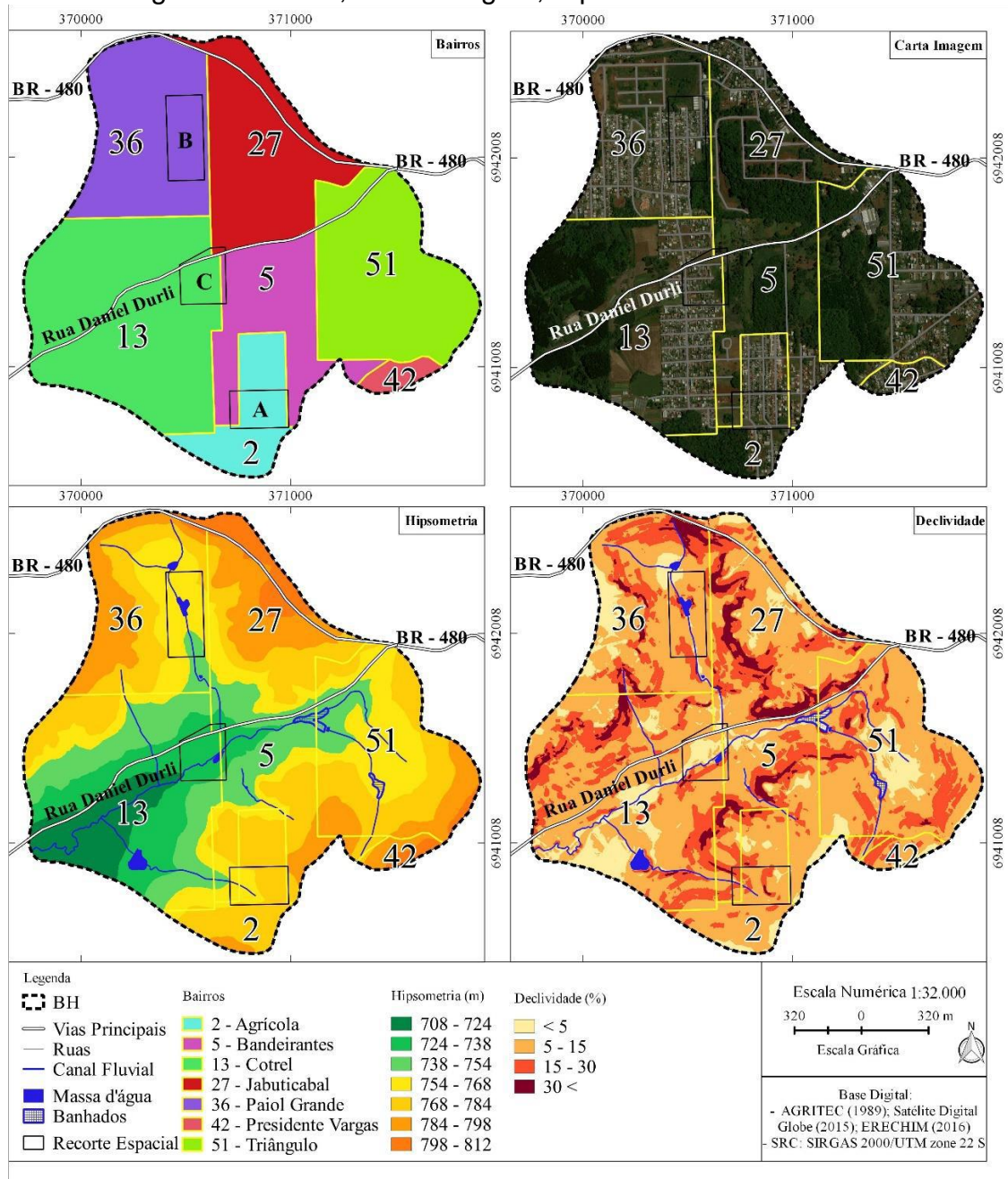
Elaboração: Autores (2019)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características administrativas e morfométricas

A Figura 2 apresenta a delimitação dos sete bairros do Perímetro Urbano que se encontram sobre a bacia hidrográfica, também pode ser verificado três recortes espaciais em que foram identificados processos de inundação. Na Figura 2, ainda pode ser identificada uma Carta Imagem de 2015, em que se visualiza a delimitação das ruas e quadras consolidadas na bacia hidrográfica.

Figura 2: Bairros, Carta Imagem, Hipsometria e Declividade.



Elaboração: Autores (2019)

Com a realização da delimitação da bacia hidrográfica e a identificação de ruas com processo de inundação, foram realizados trabalhos de campo, que auxiliaram na definição dos domicílios com ocorrência de inundação, ainda foi possível o diálogo com os atingidos, assim, permitindo identificar mais duas ruas que não constavam no inventário. A primeira, no bairro Paiol Grande, especificamente a rua Arno Nicolini, e outra, no bairro Agrícola, rua Normélio Reginnatto.

Verifica-se também a análise de um dos elementos do terreno, que consiste na diferenciação das cotas altimétricas na bacia hidrográfica, representada a partir da hipsometria.

A primeira classe em verde-escuro (708-724m) apresenta menor porção com aproximadamente 5,99% (0,17 km²) da área total da bacia encontra-se no baixo curso. A segunda classe hipsométrica, em verde-brilhante (724-738m), também se localiza no baixo curso em uma pequena porção que contempla a segunda menor área na bacia com 11,27% (0,32 km²) do total, nessa área que se encontra o terceiro recorte espacial com ocorrência de inundação.

A terceira classe, na cor verde (738-754m), corresponde à quarta menor área, totalizando 15,85% (0,45 km²). Esses locais quando associados aos canais fluviais podem ser considerados como planícies e terraços fluviais. A quarta classe, em amarelo (754- 768m), é a terceira maior porção na área analisada e possui 20,42% (0,58 km²) do total, nessa classe, também podem ocorrer áreas de banhado e terraços fluviais quando se encontram próximo ao canal fluvial e em declividades baixas. Nessas cotas, estão contidos o primeiro e o segundo recorte espacial com ocorrência de inundação na bacia hidrográfica do rio Henrique.

A quinta classe, na cor ouro (768-784 m), totaliza 26,41% (0,75 km²) da área da bacia, é identificada, principalmente, em áreas de encosta no baixo curso e, no alto curso, quando está sobre áreas planas, corresponde a banhados. A sexta classe, em laranja (784- 798 m), possui a mesma porcentagem que a terceira, totalizando 15,85% (0,45 km²), está relacionada às áreas de alta encosta e aos topos dos morros. Em laranja-escuro, encontra-se a última classe (798-812 m), está relacionada aos topos dos morros e interflúvios, correspondendo à terceira menor porção 4,23% (0,12 km²) do total da bacia.

Outro elemento analisado foi a declividade, a primeira classe em amarelo-claro (> 5%) corresponde à terceira maior porção da bacia hidrográfica, abrangendo 12,32% (0,35 km²), associa-se, nessas áreas, a processos de deposição sedimentar, formando planícies e terraços fluviais quando próximo ao canal fluvial. Quando essa classe verifica-se próxima ao interflúvio, encontram-se processos de denudação por estarem nos topos dos morros.

A segunda classe, em laranja (5–15%), corresponde à maior porção da bacia hidrográfica, contemplando 59,15% (1,68 km²). A terceira classe

corresponde à segunda maior porção na cor vermelho (15–30%), é encontrada na baixa e média encosta, totalizando 23,24% (0,66 km²) em área da bacia, são áreas que propiciam processos erosivos devido à inclinação.

A última classe (30 <%) possui a menor porção e pode ser visualizada nas áreas de média e alta encosta em vermelho-escuro, correspondendo a 5,28% (0,15 km²), essas áreas com declividade acentuada não são recomendadas para construção de moradias.

Dessa forma, a partir da Hipsometria e Declividade pode-se indagar que a bacia encontra-se sobre um relevo movimentado, associado a derrames vulcânicos em que ocorrem falhamentos estruturais horizontais e verticais, favorecendo a dissecação do relevo.

Transformações da cobertura e uso da terra

A partir das quatro cartas imagem a seguir (Figura 3), pode-se acompanhar as transformações espaciais que a área da bacia recebe ao longo de 40 anos, identifica-se que, nos recortes espaciais, a transformação ocorreu de maneira abrupta. Pode-se indagar que os bairros que se encontram no alto curso da bacia hidrográfica foram os primeiros a serem urbanizados. Verifica-se, portanto, que, no transcorrer de 40 anos, a função da bacia hidrográfica vai se alterando de propriedades rurais para áreas urbanas e, nesse período, essas alterações impactam o ecossistema.

Dessa forma, torna-se importante analisar os três estágios da urbanização descritos por Vieira e Cunha (2005) e Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013). O primeiro consiste no estágio pré-urbano, o qual se caracteriza pela retirada da vegetação de pequeno e grande porte, edificação dos lotes. O processo que se instala, nesse estágio, é o aumento da vazão e da sedimentação, os quais iniciam o processo de contaminação do solo e da água. No entanto, nessa etapa, não ocorrem mudanças significativas nas características morfológicas, preservando os processos no sistema, alterando minimamente algumas taxas de erodibilidade.

O segundo estágio consiste no processo intermediário de urbanização e caracteriza-se pela instalação de ruas e constituição de terrenos para edificação, nos quais são realizados cortes, aterros e calçamento das ruas. Nesse período, são liberados materiais superficiais com baixa coesão interna, apresentando

descontinuidades morfológicas e induzindo processos de escoamento superficiais, concentrados pela diminuição da infiltração. Além disso, é possível identificar a falta do tratamento de lixo e esgoto, acentuando o processo de poluição do solo e das águas.

O último estágio caracteriza-se pela urbanização consolidada e configura-se por elevar duas vezes a taxa de deposição, comparada com a fase pré-urbana. Aumenta-se, de maneira drástica, o escoamento superficial, acelerando os picos de cheias, necessitando mais demanda de espaço ocupado pela água nos perfis transversais dos canais de drenagem, os quais não suportam grandes volumes de água a partir de elevadas precipitações.

Ao analisar a Figura 3, o bairro Triângulo (51) encontra-se sob a área da bacia e, em 1975, verifica-se a presença de algumas casas esparsas, já em 1989, observa-se a consolidação dos loteamentos iniciados em 1975. No ano de 2010, identifica-se maior densificação nas áreas já urbanizadas e a presença da construção de novos loteamentos, sendo que essa lógica segue até o ano de 2015, que representa acréscimo de alguns domicílios.

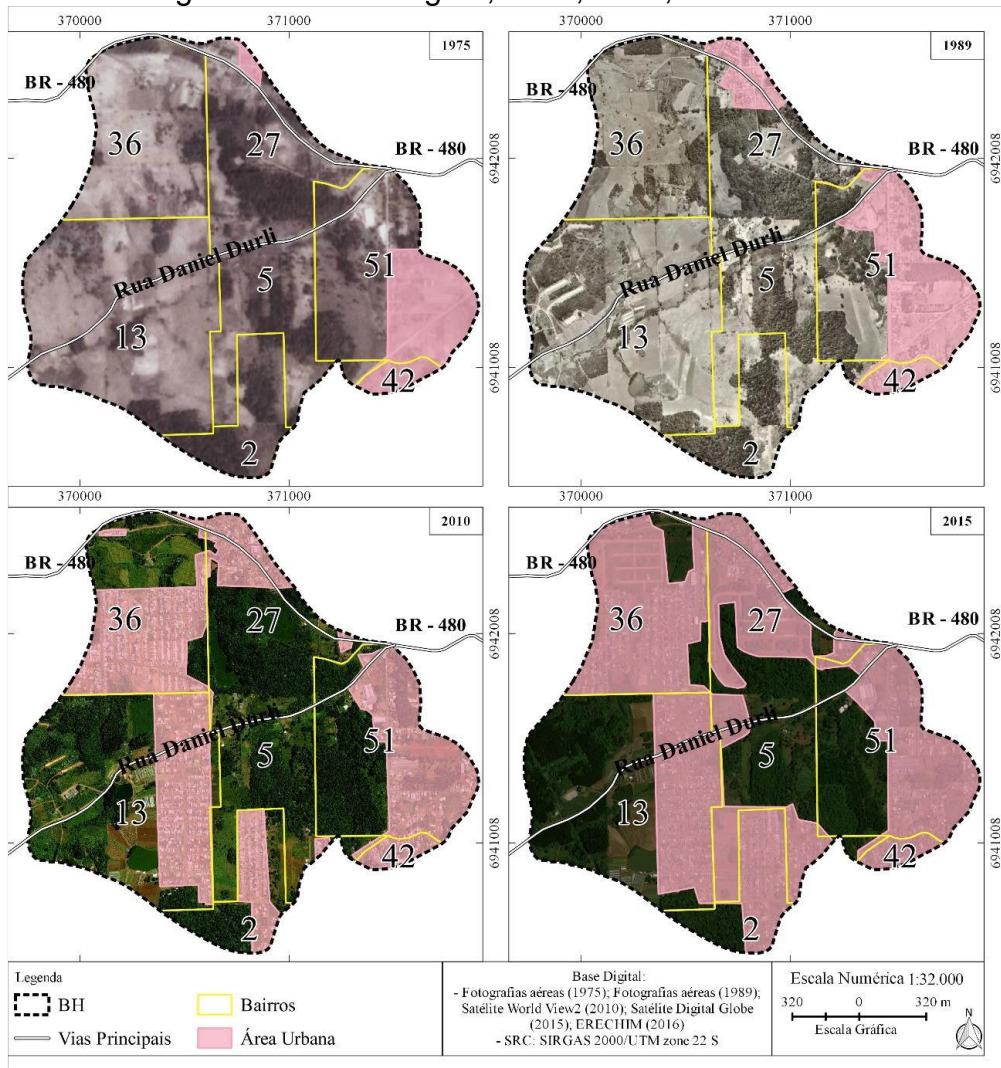
Na Figura 3, no bairro Presidente Vargas (42), em 1975, não se verifica construções, apenas, em 1989, identifica-se a presença de um aglomerado de casas em uma pequena porção. Já em 2010, observa-se que esse bairro encontra-se completamente urbanizado e essa densificação aumenta progressivamente em 2015.

No bairro Agrícola (2), representado na Figura 2, identifica-se que, em 1975, o uso da terra, predominante era de capões de mato, vegetações rasteiras e áreas destinadas às lavouras. No ano de 1989, ocorreu aumento da vegetação em densificação, porém, já era observada a presença da abertura de rua para construção de um novo loteamento. Dessa forma, em 2010, ocorreu a consolidação do loteamento, mas se observa ainda a presença de uma porção de mata, enquanto, no ano de 2015, consolida-se mais um loteamento, aumentando a impermeabilização na porção do bairro que se encontra sobre a bacia.

Em relação às informações apresentadas na Figura 3, no bairro Bandeirantes (5), em 1975, a cobertura e uso da terra constituía-se de vegetação densa, vegetação rasteira e lavouras, contando com a presença de poucas casas, para o ano de 1989, consolidam-se as áreas de vegetação densa. No ano

de 2010, observa-se aumento nas áreas vegetadas e a construção de um loteamento na direção sudoeste. A cobertura e uso da terra no ano de 2015 aumentam expressivamente nesse loteamento e é possível identificar a abertura de ruas para construção de novos loteamentos.

Figura 3: Carta Imagem, 1975, 1989, 2010 e 2015.



Elaboração: Autores (2019)

No Jaboticabal (27), que se encontra acima da RS-480 (Figura 3), no ano de 1975, verifica-se a estruturação de um loteamento com a presença de ruas e casas ainda esparsas, também se identifica a existência de vegetação densa, vegetação rasteira e lavouras temporárias. No ano de 1989, nota-se a estabilização do loteamento próximo a RS-480. Em 2010, o loteamento a norte e a nordeste encontra-se consolidado e com alta densidade de casas. Em 2015, observa-se a estruturação das áreas já urbanizadas e é possível identificar a

construção de um novo loteamento, bem como a abertura de ruas em área com vegetação densa.

O bairro Cotrel (36), no ano de 1975, possuía algumas propriedades rurais, os usos eram basicamente vegetações densas e rasteiras, também algumas áreas de lavouras. Em 1989, identificam-se corpos d'água e a pouca presença de mata ciliar no canal. No ano de 2010, visualiza-se a criação de um loteamento na direção norte - sul e a presença de propriedade rural, em direção oeste, observando-se a existência de plantio de silvicultura. Em 2015, o loteamento Cotrel estava consolidado, principalmente, ao sul da rua Daniel Durli, ao norte ainda se encontra uma urbanização esparsa, o que induz à lógica que o valor dos terrenos nessa área é elevado em comparação aos demais do bairro.

Na Figura 3, no bairro Paiol Grande (13), em 1975, a cobertura e uso da terra encontram-se com predomínio de pequenas propriedades rurais, com utilização de lavouras, vegetação rasteira e reduzidas porções de vegetação densa, seguindo o mesmo padrão em 1989. Em 2010, foi criado um loteamento, porém, ainda se verifica a presença de uma pequena propriedade rural na direção norte, abaixo da RS-480. Para o ano de 2015, identifica-se a construção de novos loteamentos, em que ocorreu a estruturação de novas casas e aberturas de ruas, nas áreas loteadas em 2010, sendo que, no ano de 2015, observa-se maior impermeabilização da terra.

Verifica-se, portanto, que, no decorrer de 40 anos, a função da bacia hidrográfica vai se alterando, de propriedades rurais para área urbana e, no passar dos anos, essas alterações impactam o ecossistema, que se manifesta de maneira pontual, como nas áreas em que ocorrem as inundações. Esse problema que se tornou corriqueiro, principalmente, para o bairro Paiol Grande e Cotrel, devido à construção dos loteamentos sobre terraços fluviais e sobre os próprios canais de drenagem que foram sendo retificados, canalizados e tamponados.

Inventário, caracterização, origem e classificação do perigo de inundação

O levantamento do inventário dos registros de inundação apresenta a periodicidade da ocorrência do processo, dessa forma, em dois anos, existem sete registros na área analisada. O Quadro 6 contém os principais nomes de ruas com apontamentos, assim, foi identificado, no inventário, uma área com

episódios de inundação, no bairro Paiol Grande, localizando-se à rua Anselmo Parmeggiani.

Quadro 6: Ocorrência de processos superficiais.

Ano	Dia e mês	Estação do Ano	Rua	Fonte
2014	12/fev	Verão		AUOnline
2014	26/jun	Inverno		Rádio Guaíba
2015	14/jul	Inverno	Rua Angelina Pagliosa Lôra - R. Baltazar Gáspar Sponchiado	AUOnline
2015	02/dez	Primavera	Daniel Durli, Silvio Leonel Marangone, Angelina, PagliosaLôra, Balthazar Gáspar Sponchiado (Cotrel) Anselmo Parmeggiani (Paiol Grande)	Defesa Civil AUOnline JBVonline
2015	21/dez	Verão	Daniel Durli, Silvio Leonel Marangone, Angelina, Pagliosa Lôra, Balthazar Gáspar Sponchiado (Cotrel)	AUOnline
2016	31/jan	Verão	Daniel Durli, Silvio Leonel Marangone, Angelina, PagliosaLôra, Balthazar Gáspar Sponchiado (Cotrel) Anselmo Parmeggiani (Paiol Grande)	AUOnline
2016	31/jan	Verão	Daniel Durli, Silvio Leonel Marangone, Angelina, Pagliosa Lôra, Balthazar Gáspar Sponchiado (Cotrel) Anselmo Parmeggiani (Paiol Grande)	AUOnline

Elaboração: Autores (2019)

No bairro Cotrel, a partir do inventário de inundação, constatou a ocorrência de processos de inundação. Na Figura 4, pode-se observar alguns registros da ocorrência do processo de inundação, abrangendo algumas casas e interrompendo o trânsito. Os registros fotográficos dos episódios foram feitos nas ruas Daniel Durli (A), Balthazar Gáspar Sponchiado (B), Silvio Leonel Marangone (C) e Angelina Pagliosa Lôra (D).

Partindo para análise do Perigo, identificou-se que o Perigo Baixo corresponde à menor porção, contemplando 10,29% entre os domicílios. O Perigo Médio corresponde à segunda maior porção e foram identificados 66,18% dos domicílios. O Perigo Alto, com segunda maior porção, apresenta 16 domicílios. Os valores podem ser identificados no Quadro 7.

Quadro 7: Classificação do Perigo.

Perigo	Classificação	Domicílios	%	
Perigo Baixo	P1	33 - 47	7	10,29
Perigo Médio	P2	60 - 77	45	66,18
Perigo Alto	P3	87 - 100	16	23,53

Elaboração: Autores (2019)

Figura 4: Processos de inundação.



Elaboração: Autores (2019).

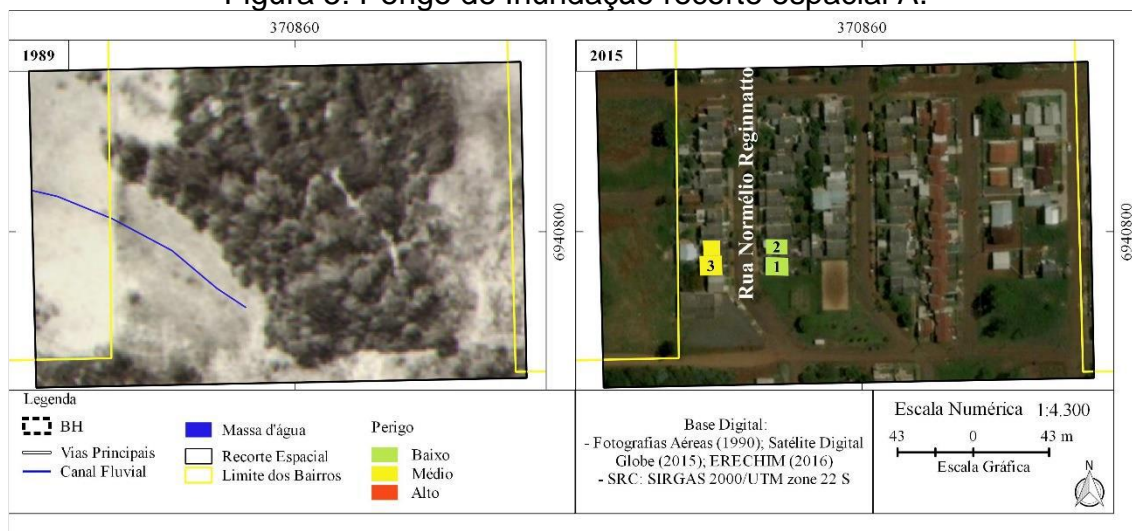
Ao analisar os dados a respeito do perigo, nota-se que o Perigo Médio predomina de maneira pontual, a partir do reconhecimento dos recortes espaciais selecionados para análise, buscando-se compreender a natureza do processo, o que levou à ocorrência dessa inundação. Neste sentido, vale ressaltar que, nas áreas urbanas, novos elementos são somados pelo homem, a construção de pavimentos e edificações aliados à canalização e retificação de canais fluviais, reduzem “[...] drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas que atingem seu exutório mais rapidamente e de forma mais concentrada, gerando o aumento da magnitude e da frequência das enchentes nessa área” (BOTELHO, 2011, p. 72-73).

Na Figura 5, é possível visualizar que, no primeiro recorte espacial, há quatro domicílios identificados que se encontram entre as cotas 764 metros e 761 metros, nesse local, existem dois domicílios com Perigo Baixo em verde e dois domicílios com Perigo Médio em amarelo.

Ainda na Figura 5, onde se realiza uma verificação temporal de 26 anos, observa-se que a área em que se encontram os domicílios sob situação de perigo tratava-se de local que possuía presença de um canal fluvial. Em decorrência da supressão dos canais e do predomínio de feições do terreno convergentes, o fluxo d’água concentra-se em direção às áreas mais baixas, dessa forma, com acréscimo de áreas impermeabilizadas, as tubulações

alocadas não conseguem dar vazão para o volume de água durante grande precipitação. Vale salientar, neste sentido, que as obras de engenharia no ambiente fluvial apresentam impactos drásticos nos canais fluviais, os quais ocasionam diversos efeitos em sequência, que, no que lhe concerne, são irreversíveis (CUNHA, 1994).

Figura 5: Perigo de Inundação recorte espacial A.



Elaboração: Autores (2019).

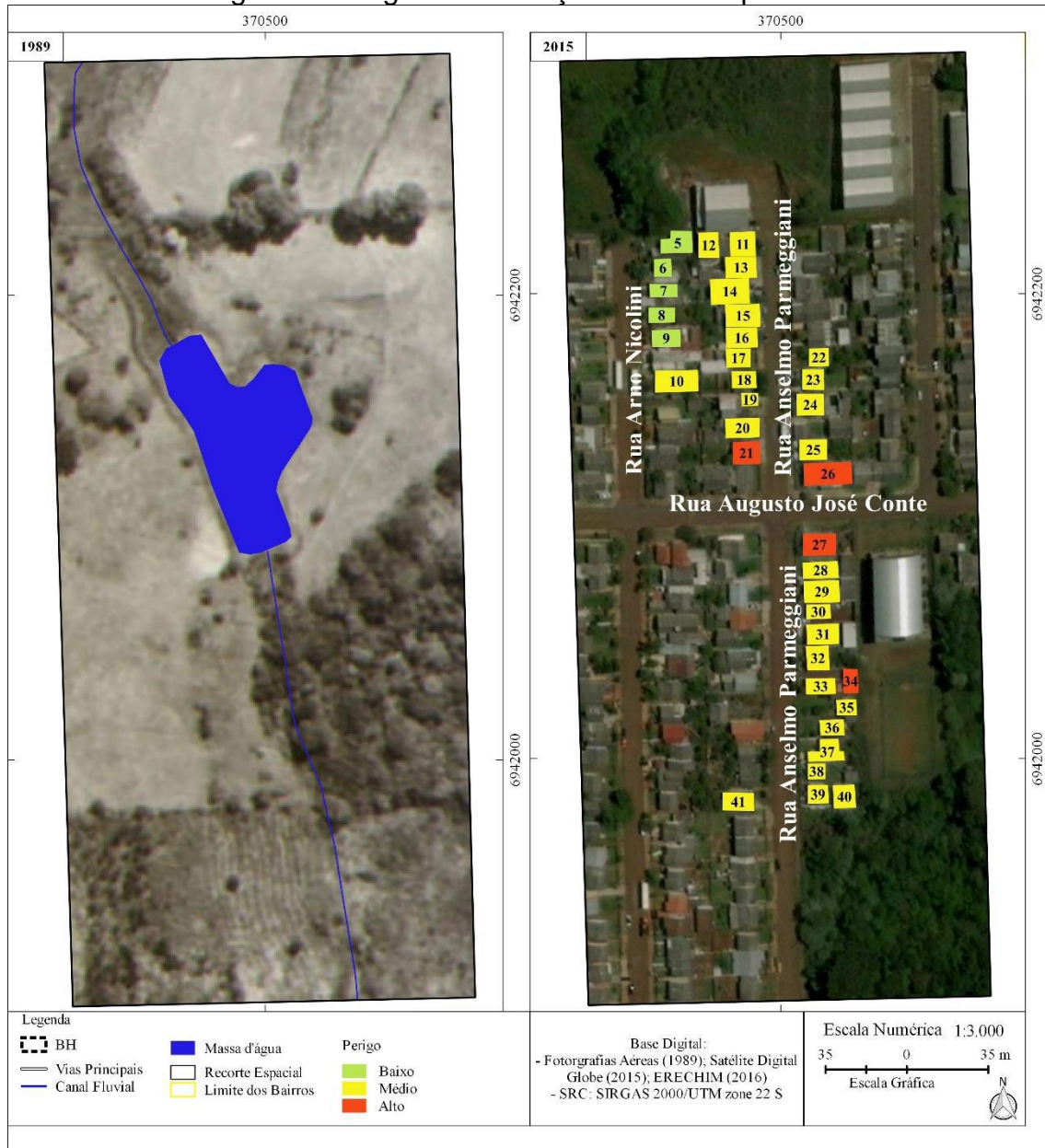
Portanto, verifica-se uma transformação considerável nesse recorte, em que a mata nativa foi substituída por lotes urbanos. Assim, essa área deveria ser de preservação permanente, por se tratar de um leito maior de um canal de 1ª ordem. À vista disso, os processos de inundação recorrentes nessa área tornam-se um processo completamente antropogênico.

O segundo recorte espacial analisado corresponde às cotas que variam entre 760 metros e 750 metros, apresentando 37 domicílios, sendo que, deste total, cinco domicílios encontram-se sobre Perigo Baixo em verde, 28 sobre Perigo Médio em amarelo, e quatro correspondem ao Perigo Alto em vermelho.

Ao verificar a Figura 6, nota-se que, nesse recorte espacial, a natureza da inundação também é provocada por interferências antropogênicas, percebe-se que a construção das moradias foi realizada sob área de deposição e sob o leito maior do canal fluvial. Torna-se perceptível a transformação do uso contribuindo aos processos de inundação, ao avaliar a evolução espacial da área em 26 anos, visto que, em 1989, a área possuía usos rurais de campo e lavoura, também pode ser identificada área de mata nativa. Para o ano de 2015, a funcionalidade

da área altera-se completamente e passa a ser uma área urbanizada com adensamento residencial.

Figura 6: Perigo de Inundação recorte espacial B.



Elaboração: Autores (2019).

Neste sentido, com o crescimento urbano, os rios acabam perdendo suas características naturais, em virtude das consecutivas intervenções alicerçadas em obras de engenharia, as quais, na maioria das vezes, não consideram os processos fluviais em todo o canal. Dessa forma, são efetuadas alterações na eficiência do fluxo líquido, em decorrência de modificações nas seções transversais e nos perfis longitudinais (VIEIRA; CUNHA, 2005).

O último recorte espacial, conforme a Figura 7, analisado corresponde às cotas 730 metros até 726 metros, foram identificados 27 domicílios, 15 domicílios correspondem ao Perigo Médio, os demais (12) foram classificados como Perigo Alto. A partir da análise espacial do recorte, percebe-se que as inundações são de origem antropogênica, pois, em 1989, existiam apenas dois domicílios na área, em que se pode identificar a presença do canal fluvial.

Figura 7: Perigo de Inundação recorte espacial C.



Elaboração: Autores (2019)

Neste sentido, para Cunha (1994), como resultados das canalizações e retificações, obtém-se o aumento considerável da carga sólida e o assoreamento imediato após dragagem, os eventos torrenciais contribuem com aceleração da erosão. Os sedimentos produzidos durante o período de dragagem aumentam a quantidade de sua deposição em direção à foz do rio principal, esse efeito ocasiona a origem de novas formas deposicionais, alterando o equilíbrio natural. Nas planícies de inundação, as alterações no leito transformam meandros em lagos ou bacias de decantação, elevando o nível do terraço fluvial.

No ano de 2015, a área encontra-se totalmente modificada e com a presença de dezenas de domicílios, portanto, foram construídas edificações

sobre o leito maior do canal e sobre área de planície e de deposição. Salienta-se que esse modo intenso de urbanização expõe os domicílios ao perigo de inundação, por intensificar o loteamento de terrenos em áreas suscetíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os episódios de inundação ocorrem em três bairros situados na bacia hidrográfica do rio Henrique, sendo o primeiro no bairro Agrícola, na rua Normélio Reginatto; o segundo no bairro Paiol Grande, principalmente, na rua Anselmo Parmegiani. No bairro Cotrel, que apresenta diversos problemas de cunho hidrológico. Esses transtornos foram registrados nas ruas Daniel Durli, Angelina Pagliosa Lôra, Balthazar Gáspar Sponchiado e Mauro Antônio Pagliosa. Nessa área, também se efetivou a construção de um loteamento sobre um canal fluvial.

A partir do exposto, verifica-se que os processos de inundação na bacia hidrográfica ocorrem devido à forte interferência antropogênica que aconteceu na bacia hidrográfica ao longo de 40 anos. As interferências enfatizadas, na análise, estão ligadas ao canal fluvial, que foi retificado e canalizado para efetivação de loteamentos sobre essas áreas pouco valorizadas da cidade.

Outro intensificador das inundações corresponde à impermeabilização de áreas à montante, assim a canalização empregada na construção dos loteamentos tornou-se insuficiente, por conseguinte, as tubulações não dão conta de escoar toda água, tornando-se um problema para a população. Adverte-se que, com a urbanização e impermeabilização à montante das áreas de perigo, têm se intensificado os processos superficiais caracterizados como 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 BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.

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.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS. Gravataí – SH,22-X-CV, escala 1:100.000: **nota explicativa**. Porto Alegre: UFRGS/CPRM, 2007

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA; A. J. T; CUNHA; S. B (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 337-379.

DSG. Diretoria de Serviço Geográfico. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (ET ADGV Defesa F Ter)**. 2ª Edição. Brasília, 2016.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de textos, 2008a.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008b.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

JORGE, M. DO. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.117-145.

MARANDOLA JR; E. J; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004. DOI: 10.1590/S1414-753X2004000200006

MENDONCA, 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. DOI: 10.5380/raega.v3i0.18225

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Avaliação intermunicipal dos riscos de desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 156-176, 2017a. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.110719

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. **RA'E GA**. Curitiba, v.40, p. 94 -109, 2017b. DOI: 10.5380/raega.v40i0.45870

RIFFEL, E. S; GUASSELLI, L. A; BRESSANI, L. A. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. **Boletim Goiano de Geografia, Goiânia**, v. 36, n. 2, p. 285-306, mai./jul. 2016. DOI: 10.5216/bgg.v36i2.42796

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.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologias**. Tese (Tese em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

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.

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.

VIEIRA, V. T; CUNHA, S. B. Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B (Org.). **Impactos Urbanos no Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil., 2005, p. 111-145.

ANÁLISE DOS PERIGOS AOS MOVIMENTOS DE MASSA E ENXURRADAS NA VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO – RS

Igor da Silva Knierin; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

DOI: 10.5902/2236499447119.

Resumo: Os processos naturais desencadeados por movimentos de massa e enxurradas podem ocasionar danos quando atingem uma comunidade no espaço urbano das cidades. Essa problemática é recorrente na vila Medianeira, localizada na área urbana de Faxinal do Soturno - Rio Grande do Sul - Brasil. O artigo foi desenvolvido a partir da seleção de variáveis para analisar o perigo de processos que ocasionam danos (movimentos de massa e enxurradas) e foram organizadas em uma ficha cadastral, que agregou pesos e notas, sendo estruturada em quatro graus para o perigo: baixo, médio, alto e muito alto. Como resultados, foram analisadas 70 edificações, segmentadas, respectivamente, em 27,15% com perigo baixo, 25,71% com perigo médio, 25,71% com perigo alto e 21,43% com perigo muito alto. O estudo contribui para gestão e gerenciamento de risco de desastres naturais na área em questão, para a mitigação das situações de perigo e como base para estudos em outras áreas suscetíveis a danos no município.
Palavras-chave: Enxurrada; Movimento de massa; Perigo

ANALYSIS OF THE HAZARDS TO MASS MOVEMENTS AND FLASH FLOODS IN VILA MEDIANEIRA - FAXINAL DO SOTURNO – RS

Abstract: The natural processes of mass movements and flash floods can cause damage when they reach a community in the urban space of cities. This problem is recurrent in vila Medianeira, is located in the urban area of Faxinal do Soturno, central region of Rio Grande do Sul, Brazil. The article was developed from the selection of variables based on literature review to measure the hazard of processes that cause damage (mass movement and flash flood) and enable the elaboration of a model cadastral of hazard that added values and notes, and four degrees of severity were structured for the hazard: low, medium, high and very high. As results, were registered 70 buildings in vila Medianeira, of these 27.15% presented in low hazard condition, 25.71% medium hazard, 25.71% high hazard and 21.43% of very high hazard. In this sense, the study can be used in the management of the risk of natural disasters in the municipality of Faxinal do Soturno, for more effective actions to mitigate hazardous situations and may also be adopted as a basis for studies in other areas susceptible to damage in the municipality.

Keywords: Flash flood; Mass movement; Hazard

INTRODUÇÃO

A Geografia é uma ciência que possibilita o estudo das relações entre o ser humano e a natureza. Portanto, representa uma área do conhecimento com as condições necessárias para abordar-se o tema desastres naturais, que, conceitualmente, representam as consequências de um fenômeno natural que afeta uma comunidade ou sociedade, ocasionando-lhes danos e consequências que excedem sua capacidade para reestabelecer-se e conviver com os impactos (UNISDR, 2009; NUNES, 2015; TOMINAGA, 2015b).

No tocante a essa temática, ampliaram-se as pesquisas voltadas para o conhecimento e previsão dos desastres naturais, em razão das perdas sociais e materiais resultantes de eventos catastróficos (MAIA, 2002; TOMINAGA, 2015b). Segundo Nogueira (2006), áreas suscetíveis à ocorrência de eventos naturais,

como os movimentos de massa e as enxurradas, oferecem um perigo quando ocupadas. Neste sentido, o estudo de áreas suscetíveis a desastres naturais apresenta, como finalidade, a identificação dos locais que, em razão de fatores e condicionantes naturais e/ou induzidos, estão associados à ocorrência de processos de dinâmica natural que podem ocasionar danos.

Guidicini e Nieble (1984) adotam a terminologia “agentes predisponentes”, o que corresponde ao conjunto de condições geológicas, topográficas e ambientais da área onde se desenvolve o processo que ocasiona dano. Os autores também fazem referência aos “agentes efetivos”, que se caracterizam pelo conjunto de fatores diretamente responsáveis pelo desencadeamento dos processos, dentre os quais está inclusa a ação antrópica.

Integrado ao tema dos desastres naturais, destaca-se o conceito de perigo (do inglês *hazard*), que corresponde a um fenômeno perigoso, que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos à saúde, danos à propriedade, perda de meios de subsistência e serviços, interrupção social e econômica ou danos ambientais (UNISDR, 2009). No Glossário de Defesa Civil (CASTRO, 1998), o perigo é observado com equivalência à ameaça e é definido como uma condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade.

A partir da identificação das áreas de perigo, é possível estabelecer os locais sujeitos a processos que podem ser mais ou menos severos e impactantes em função dos elementos condicionantes (MENEZES, 2014). Neste sentido, o mapa de perigo representa a probabilidade espacial e temporal de ocorrer um processo ou um fenômeno com potencial de causar danos, sendo que os métodos para sua análise são diversificados, uma vez que são condicionados ao tipo de processo e às características da área de estudo (TOMINAGA, 2015a).

Nesse contexto, diferentes autores apresentam a relevância de alguns elementos na análise do perigo, como: sinais de movimentação da encosta, uso e cobertura da terra, distância da edificação ao local de perigo, lançamento/descarte de lixo/entulho, presença de feições erosivas e/ou indício de processo de erosão, concentração de água pluvial em superfície, sistema de drenagem superficial deficiente, lançamento de água servida e/ou vazamento de água/esgoto das tubulações, presença de blocos de rocha, declividade da encosta ou talude, presença de descontinuidades, perfil e plano de curvatura

da encosta, área desmatada, presença de vegetação de grande porte isolada e cultivo de espécies exóticas (AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998; BRASIL, 2007; CERRI et al., 2007; NUMMER e PINHEIRO, 2013; TOMINAGA, 2015c; RODRIGUES e LISTO, 2016).

Na presente pesquisa, entende-se a definição de perigo, ameaça ou *hazard* como a possibilidade de (re)ocorrência de um evento adverso com potencial de causar danos, sejam de ordem social, econômica, material, entre outros, a uma população. Com base nisso, este artigo apresenta como objetivo analisar o perigo de processos que ocasionam danos (movimentos de massa e enxurradas) na vila Medianeira, no município de Faxinal do Soturno - Rio Grande do Sul - Brasil.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida a partir da organização de uma ficha de cadastro para mensurar o perigo de processos que ocasionam danos (movimentos de massa e enxurradas) na área de estudo. Os mapas temáticos foram elaborados no ArcGIS® 10.1 desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute). Para isso, foi estruturado um banco de dados georreferenciado e realizado o cadastro pontual das edificações a partir de imagens de satélite ópticas disponíveis no ArcGIS® 10.1, no serviço Basemap - World Imagery, que possuem, como fonte, a DigitalGlobe, WorldView-2 Satellite Images, datadas de 29 de julho de 2017, com resolução espacial de 50-60 cm.

Nos meses de julho de 2016 e dezembro de 2017, foram realizados trabalhos de campo na área de estudo, que tiveram, como objetivos, o (re)conhecimento do local e das diferentes características físicas das áreas suscetíveis e de perigo a processos que ocasionam danos e validação dos mapeamentos e cadastros realizados. Os trabalhos de campo tiveram suporte logístico da Defesa Civil municipal e foram realizados registros fotográficos, coleta de pontos de controle com uso do GPS Garmin Etrex, descrição de condições que potencializavam a suscetibilidade e perigo a movimentos de massa e enxurradas.

O mapa de localização e dos processos superficiais que ocasionam danos foi elaborado no ArcGIS® 10.1 e possuiu, como dados primários, a Base Cartográfica do IBGE (2010) na escala 1:50.000 e curvas de nível com

equidistância de 10 m extraídas a partir de uma cena de imagem de RADAR SRTM com resolução espacial de 1 arcsec (30 m). As cicatrizes de movimentos de massa e a área suscetível a enxurradas foram identificadas e delimitadas por meio da análise *in loco*, com base nos trabalhos de campo realizados na área de estudo, consulta à Defesa Civil municipal e entrevista não estruturada com a população que reside no local.

O cadastro de perigo correspondeu ao número de 70 edificações na área de estudo e foi realizado com base na revisão da literatura de diferentes autores (AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998; ALHEIROS, 1998; CERRI e AMARAL, 1998; BANDEIRA, 2003; BIGARELLA, 2003; TOMINAGA, 2007; 2015c; BRASIL, 2007; CERRI et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2008; FARIA, 2011; FERNANDES e AMARAL, 2012; LISTO e VIEIRA, 2012; NUMMER e PINHEIRO, 2013; WIGGERS, 2013; AMARAL e FEIJÓ, 2014; HENRIQUE, 2014; KORMANN, 2014; PAMPLONA e VALENTE, 2014; AVILA, 2015;

RODRIGUES e LISTO, 2016), de forma que contemplasse o estado da arte a respeito do tema processos potencializadores de danos e subsidiaram a organização da ficha de cadastro de perigo para movimentos de massa e enxurradas na área de estudo em que foram atribuídos pesos e notas, de acordo com o Quadro 1.

Para o cálculo do perigo, individualizou-se a ficha de cadastro em quatro itens que apresentam seus respectivos pesos (P) de influência no desencadeamento de processos que ocasionam danos: indícios de processos que ocasionam danos (peso 35%), presença de água (peso 30%), litologia e relevo (peso 20%) e vegetação (peso 15%). Em cada item, foram contabilizados um número N de questões, as quais apresentam, a partir do seu somatório total, a nota 10.

Dessa forma, para estipular-se o valor de perigo são somadas todas as notas de cada item, multiplicadas pelo seu peso e o valor é dividido pelo denominador 10, sendo assim, identificado um valor X1, 2, 3, 4 para cada um.

$$\frac{(N+N...)*P}{10} = X_{1,2,3,4} \quad \text{Equação 1}$$

Quadro 1- Ficha de cadastro de perigo para processos que ocasionam danos para vila Medianeira.

Ficha de cadastro de perigo para processos que ocasionam danos			
Dados gerais:			
Equipe:	Número de cadastro:		
Data:	Coordenadas UTM		
Local:	Lat.:	Long.:	
Rua:	Número de fotografias:		
Indicadores de perigo:			
Indícios de processos que ocasionam danos (peso 35%)			
Sinais de movimentação da encosta (Nota 5,5): 0 - () Não / 5,5 - () Sim			
Distância da edificação ao perigo (Nota 2): 0 - () \geq que a amplitude da encosta / 2 - () $<$ que a amplitude da encosta			
Lançamento/descarte de lixo/entulho (Nota 1): 0 - () Não / 1 - () Sim			
Feição erosiva e/ou indício de processo de erosão na base da edificação (Nota 1): 0 - () Não / 1 - () Sim			
Uso e cobertura da terra no quintal (Nota 0,5): 0 - () Impermeável / 0,5 - () Permeável			
Presença de água (peso 30%)			
Concentração de água pluvial em superfície (inundação brusca ou enxurrada) (Nota 4): 0 - () Não / 4 - () Sim			
Sistema de drenagem superficial (Nota 3): 0 - () Satisfatório / 1 - () Precário / 2 - () Inexistente			
Lançamento de água servida em superfície (Nota 2): 0 - () Não / 2 - () Sim			
Vazamento de água/esgoto das tubulações (Nota 1): 0 - () Não / 1 - () Sim			
Litologia e relevo (peso 20%)			
Talude (Nota 3): 0 - () Natural / 3 - () Com corte e aterro			
Presença de blocos de rocha (Nota 3): 0 - () Não / 3 - () Sim			
Declividade da encosta ou talude (Nota 2): 0 - () Leve a plana / 0,5 - () Moderada / 1,5 - () Acentuada			
Presença de descontinuidades (Nota 1): 0 - () Não / 1 - () Sim			
Encosta convergente que potencialize processos de dinâmica fluvial (Nota 1): 0 - () Não / 1 - () Sim			
Vegetação (peso 15%)			
Vegetação de grande porte isolada (Nota 4): 0 - () Não / 4 - () Sim			
Área desmatada (Nota 3): 0 - () Não / 3 - () Sim			
Área de cultivo de espécies (ex: bananeira) (Nota 3): 0 - () Não / 3 - () Sim			
Processos que ocasionam danos:			
Qual/quais tipo(s) de processo(s)? () Rastejo / () Escorregamento planar / () Escorregamento em cunha /			
Indicadores de perigo:			
() Escorregamento rotacional / () Queda de blocos / () Tombamento de blocos / () Rolamento de blocos / () Corrida de lama / () Corrida de terra / () Corrida de detritos / () Inundação brusca ou enxurrada			
Grau de perigo:			
() Perigo baixo	() Perigo médio	() Perigo alto	() Perigo muito alto

Fonte: Organização dos autores.

Onde N é a nota de cada questão dos itens (a soma das notas de cada item é 10), P é o peso do item (ex.: litologia e relevo - peso 20%) e X1, 2, 3, 4 é o item (ex.: litologia e relevo).

Sequencialmente são somados os valores (X1,2,3,4) dos quatro itens (indícios de processos que ocasionam danos, presença de água, litologia e relevo, e vegetação), assim, obtendo-se o valor final do perigo para a edificação.

$$X1 + X2 + X3 + X4 = \text{Perigo} \quad \text{Equação 2}$$

Onde X1,2,3,4 são os itens (ex.: litologia e relevo).

Para definir-se os referidos graus de perigo convencionou-se os valores ≤ 20 para perigo baixo, > 20 a ≤ 40 para perigo médio, > 40 a ≤ 60 para perigo alto e > 60 para perigo muito alto, conforme apresentados no Quadro 2. A definição desses intervalos foi baseada a partir das de modelagem dos dados cadastrais e observações *in loco* durante os trabalhos de campo, de forma que correspondem às diferentes situações de perigo na área de estudo.

Quadro 2- Graus de perigo de processos que ocasionam danos.

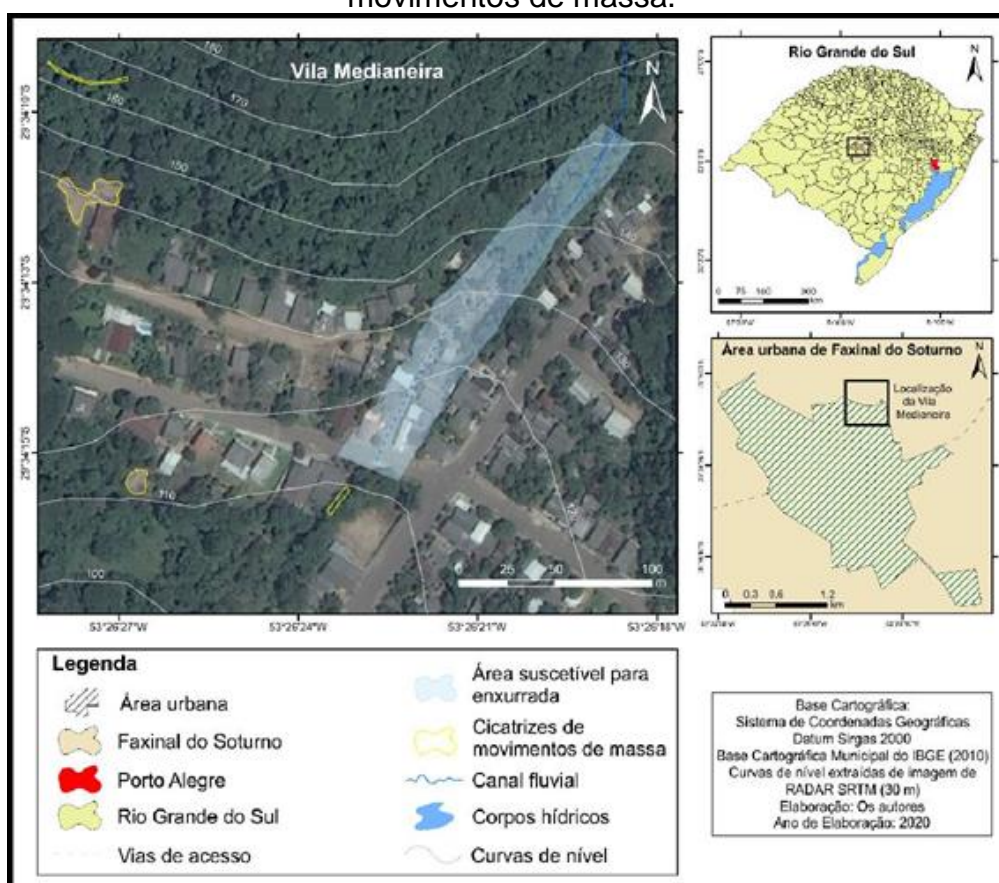
Perigo	
Grau de perigo	Descrição:
Perigo baixo (≤ 20)	<ul style="list-style-type: none"> - Os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica são de potencialidade baixa para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. - Poucos indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas ou de enxurradas.
Perigo médio (> 20 a ≤ 40)	<ul style="list-style-type: none"> - Os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica são de potencialidade média para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. - Observa-se a presença de indícios de instabilidade de encostas e/ou de (re)ocorrência de enxurradas, entretanto, incipiente(s). - Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento.
Perigo alto (> 40 a ≤ 60)	<ul style="list-style-type: none"> - Os condicionantes naturais e o nível de intervenção antrópica são de potencialidade alta para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. - Observa-se a presença significativa de indícios de instabilidade de encostas (trincas no solo, árvores inclinadas e/ou isoladas, entre outros) e/ou de (re)ocorrência de enxurradas. - Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, no entanto, sendo ainda possível monitorar sua evolução e/ou com reincidência de enxurradas.
Perigo muito alto (> 60)	<ul style="list-style-type: none"> - Os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica são de potencialidade muito alta para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. - Os indícios de instabilidade de encostas (trincas no solo, trincas em moradias ou em muros, árvores inclinadas e/ou isoladas, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas, presença de blocos, entre outros) são expressivos e estão presentes em grande número ou ainda existe a (re)ocorrência de enxurradas. - Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento e/ou reincidência constante de enxurradas.

Fonte: Organização dos autores.

RESULTADOS

A área de estudo localiza-se ao norte da área urbana do município de Faxinal do Soturno, na região central do estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, com distância aproximada de 269,4 km de Porto Alegre, de acordo com a Figura 1. Na vila Medianeira, a ocupação urbana estabeleceu-se na base de uma encosta declivosa (morro) e junto a um curso fluvial de primeira ordem, tributário do rio Soturno. No local, são comuns situações de perigo de processos que ocasionam danos, como movimentos de massa ou de enxurradas (Figura 1). Esses processos manifestam-se em função da suscetibilidade natural e induzida, na qual os agentes predisponentes e efetivos contribuem para a gênese de uma área de risco de desastres naturais.

Figura 1- Mapa de localização da vila Medianeira na área urbana de Faxinal do Soturno - RS com a área suscetível a enxurradas e as cicatrizes de movimentos de massa.



Fonte: Organização dos autores.

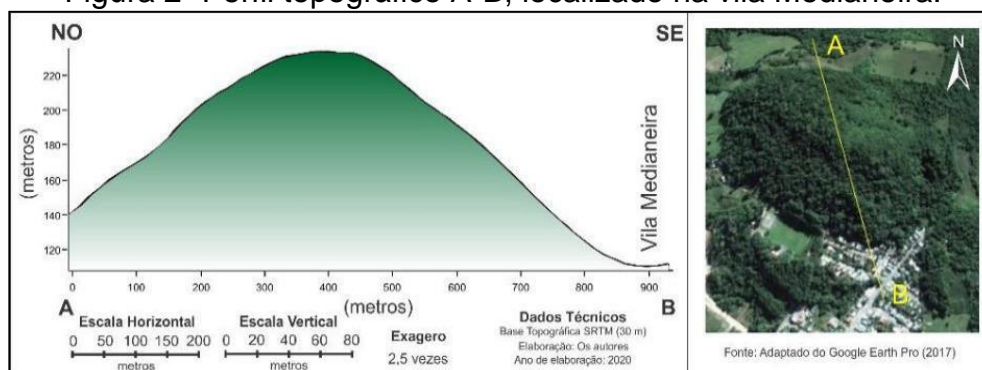
Neste sentido, observam-se ações como a retirada da cobertura vegetal, lançamento de águas servidas, descarte de lixo em locais inadequados,

realização de cortes e aterros, cultivo de espécies vegetais que atribuem peso aos taludes, entre outros. Associado a isso, foi registrada, na área de estudo, a ocorrência de processos de movimentos de massa e de enxurradas de maneira localizada, com base nos registros de decretos de Situação de Emergência da Defesa Civil (2009, 2010, 2013, 2015 e 2017) e análises *in loco*.

Os movimentos de massa apresentam sua ocorrência relacionada às intervenções antrópicas localizadas como ações de cortes e aterros, lançamento de águas servidas e descarte de lixo ou dejetos em locais inadequados, desencadeando processos de escorregamento. As enxurradas, por sua vez, ocorrem mediante eventos de precipitação intensa e/ou concentrada, porque a área de estudo localiza-se junto a um curso fluvial de primeira ordem, afluente do rio Soturno, que foi canalizado no processo de expansão da área urbanizada, o que torna a área suscetível a processos dessa natureza.

A litologia é constituída predominantemente por depósitos de tálus e colúvio de rocha vulcânica da Formação Serra Geral, que cobrem a estrutura da encosta de formações sedimentares de origem fluvial, pertencentes à Formação Caturrita (CPRM, 2006; SCHIRMER, 2012). A encosta possui declividade superior a 30%, amplitude altimétrica superior a 100 m, o que possibilita defini-la como um morro (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1981). Em relação à sua curvatura, apresenta forma convexa no topo e segmentos côncavo-convergentes na base, características que potencializam processos de dinâmica natural, especialmente para movimentos de massa e enxurradas (Figura 2).

Figura 2- Perfil topográfico A-B, localizado na vila Medianeira.

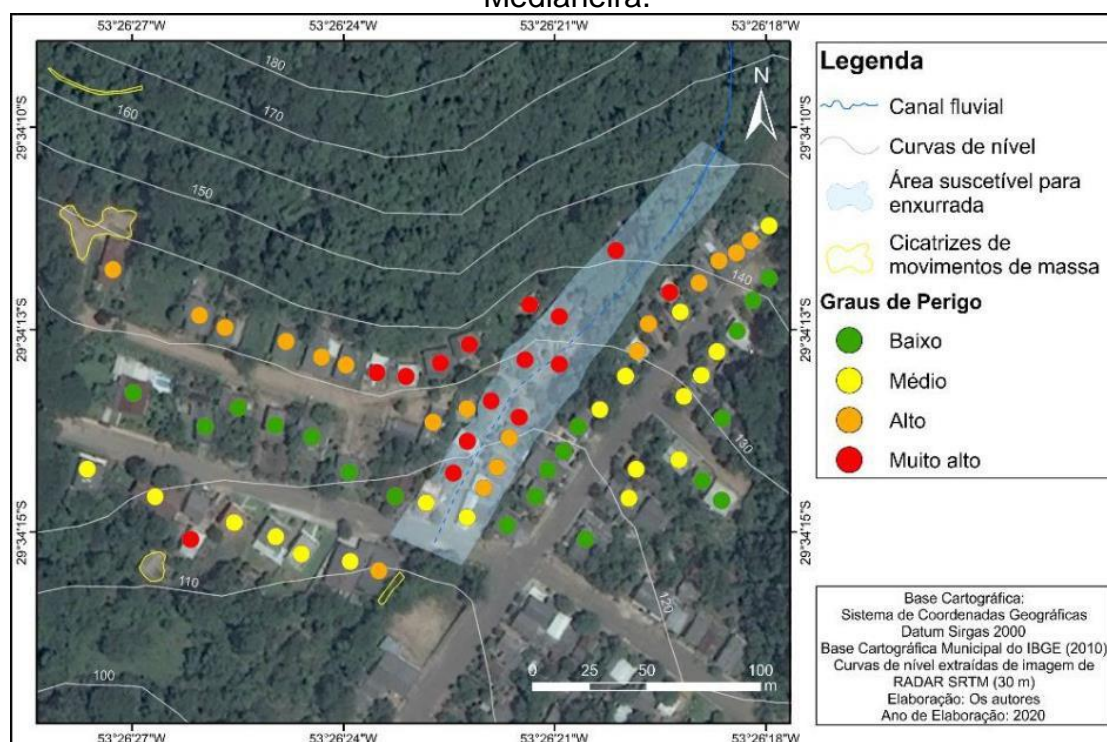


Fonte: Organização dos autores.

Análise do Perigo

O estudo do perigo retrata as situações de ameaça reproduzidas na área de estudo, segmentado em quatro graus de potencialidade para ocorrência dos processos que ocasionam danos, espacializados de acordo com o mapa da Figura 3.

Figura 3- Mapa de perigo de processos que ocasionam danos, com área suscetível a enxurradas e cicatrizes de movimentos de massa na vila Medianeira.



Fonte: Organização dos autores.

No cadastro, contabilizou-se um total de 70 edificações, sendo que, destas, 19 encontra-se em condição de perigo baixo, 18 em perigo médio, 18 em perigo alto e 15 em perigo muito alto. Na Tabela 1, pode ser observada a distribuição das edificações por graus de perigo segundo seu número total e nos respectivos valores percentuais.

Tabela 1- Quantificação do cadastro de perigo na vila Medianeira.

Graus de perigo	Número de edificações	Percentual de edificações
Perigo baixo	19	27,15%
Perigo médio	18	25,71%
Perigo alto	18	25,71%
Perigo muito alto	15	21,43%

Fonte: Organização dos autores.

As áreas de perigo baixo somam 27,15% edificações cadastradas (Figura 4), caracterizam-se por apresentar os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica de potencialidade baixa para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. Sendo assim, não foram constatados indícios significativos de instabilidade de encosta nem de ocorrência de enxurradas nesses locais.

Dessa forma, configuram-se nas áreas de maior segurança diante da ocorrência de desastres naturais no recorte espacial em estudo. A concentração espacial das edificações em situação de perigo baixo está disposta na meia encosta, locais onde a declividade é mais amena, com menor necessidade de intervenções na forma de cortes ou aterros.

Figura 4- Situações de perigo baixo na vila Medianeira (A, B e C).



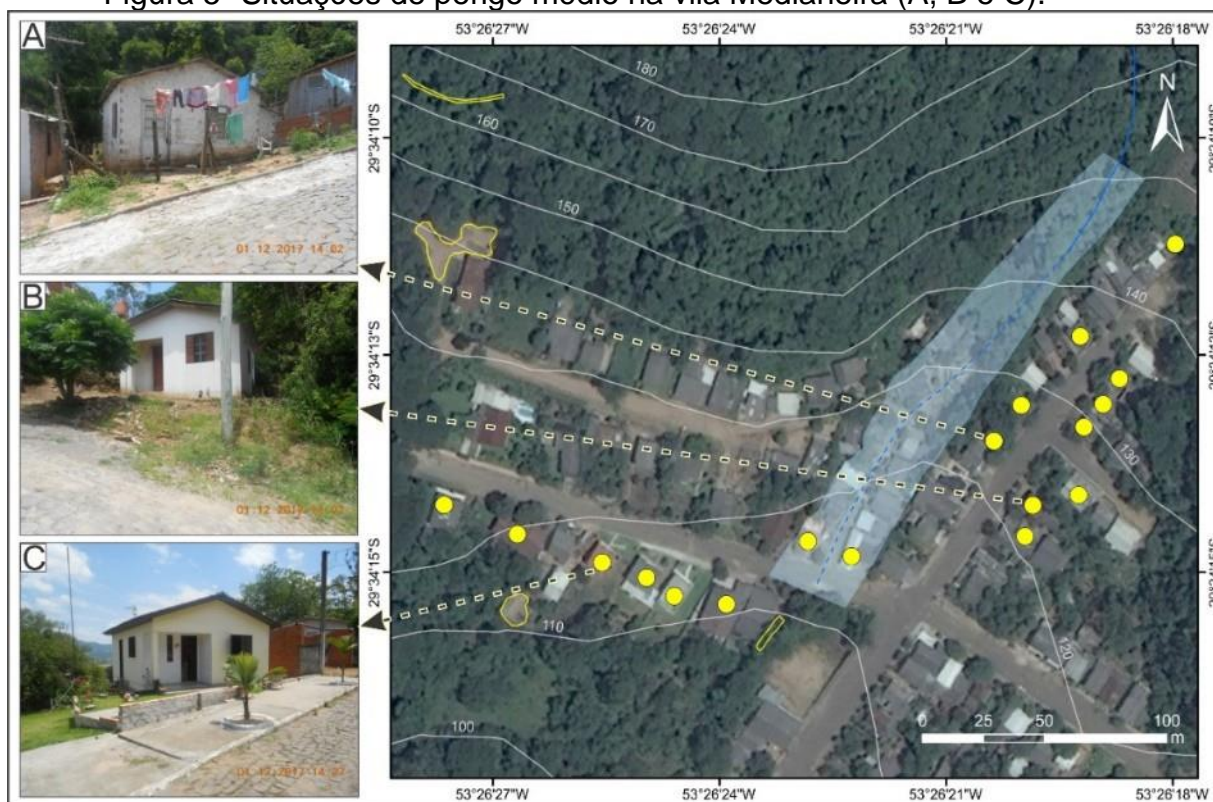
Fonte: Organização dos autores.

As áreas de perigo médio correspondem a 25,71% das edificações cadastradas (Figura 5), apresentam os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica com potencialidade média para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos e, por conseguinte, para

ocorrência de um desastre natural. Neste sentido, observa-se a presença de indícios de potencialidade e/ou instabilidade de encostas em estágio inicial de desenvolvimento, como também de (re)ocorrência de enxurradas, entretanto, incipientes.

A disposição espacial do perigo médio ocorre em locais mais afastados da base da encosta declivosa. A execução de cortes e aterros nos lotes para a construção das edificações caracterizam uma situação de perigo, assim como a (re)ocorrência de enxurradas, porém em locais de menor grau de severidade em relação às classes de perigo alto e muito alto.

Figura 5- Situações de perigo médio na vila Medianeira (A, B e C).



Fonte: Organização dos autores.

As áreas de perigo alto totalizam o cadastro de 25,71% das edificações (Figura 6), apresentam os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica que podem potencializar o desenvolvimento de processos que ocasionam danos. Observa-se a presença significativa de indícios de instabilidade de encostas ou há a (re)incidência de enxurradas.

A disposição espacial dos locais de perigo alto ocorre na base da encosta declivosa e na meia encosta em áreas suscetíveis a enxurradas decorrentes do

extravasamento fluvial de uma cabeceira de drenagem tributária do rio Soturno, que foi canalizada. Em áreas próximas ao vale fluvial, são suscetíveis processos de escorregamento rotacional, como também a disposição de árvores de grande porte isoladas que se tornam outro fator de perigo em função da proximidade delas às edificações e suas consequências como efeito alavanca, tombamento ou queda de galhos.

Quanto às ações antrópicas, observa-se o descarte de lixo e inserção de espécies vegetais como de bananeiras que podem atribuir peso aos taludes, como também o lançamento de águas servidas que agregam maior umidade de maneira constante a esses locais. Ademais, a execução de cortes e aterros para o nivelamento dos lotes, assim como a construção das edificações próximas aos locais de perigo como de vale, encosta declivosa e de cortes de talude.

Figura 6- Situações de perigo alto na vila Medianeira (A, B e C).



Fonte: Organização dos autores (fotografia B disponibilizada pela Defesa Civil Municipal de Faxinal do Soturno).

No grau de perigo alto, foram setorizadas cinco áreas de perigo, que convergem para as edificações cadastradas similaridade em relação às condições de danos potenciais:

I) Como primeira situação de perigo alto, destaca-se uma área suscetível a processos de dinâmica fluvial do tipo enxurrada que afeta três edificações. Os processos são recorrentes mediante precipitação intensa e concentrada ou acumulada. Caracteriza-se por ser uma rua calçada em local jusante a uma cabeceira de drenagem, que foi canalizada. Dessa forma, mediante o aumento da vazão fluvial em eventos de precipitação associado ao sistema de drenagem pluvial ineficiente resulta no processo que ocasiona danos.

II) A segunda situação de perigo alto corresponde a uma área de corte e aterro, na qual se localizam uma residência e ponto comercial. Identifica-se a edificação sobre um talude com aproximadamente 3 m de amplitude, em que foram realizadas intervenções estruturais e impermeabilização do local em razão dos processos de instabilização. Na base desse talude, observou-se depósitos de tálus e colúvio, raízes expostas e indícios de concentração de água oriunda dos excedentes pluviais da rua perpendicular à edificação, a qual é afetada por processos de enxurrada.

III) A terceira situação de perigo alto corresponde a seis edificações localizadas próximas ao vale fluvial, em setor de declividade mais acentuada. A ação antrópica atua, por meio do descarte e/ou lançamento de dejetos e águas servidas na encosta e no curso d'água, retirada da cobertura vegetal, como também a inserção de espécies vegetais (bananeiras) que atribuem peso ao talude. Neste sentido, a área é suscetível a processos de escorregamento, queda ou tombamento de árvores de grande porte isoladas ou de galhos que podem atingir as edificações. Observou-se cortes e aterros laterais e ao fundo dos lotes, os quais podem variar de pequena amplitude até medidas superiores à amplitude da parede das edificações próximos as mesmas.

IV) A quarta situação de perigo alto identificada na área de estudo remete a duas edificações localizadas em área de cortes e aterros laterais e ao fundo dos lotes, próximos às edificações. Observou-se indícios de feições erosivas e blocos de rochas, como tálus e colúvio, além de descarte de dejetos e/ou lixo na área de corte, o que potencializa processos de escorregamento rotacional do material de aterro e descarte.

V) A quinta situação de perigo alto atribui-se à condição de seis edificações localizadas na base da encosta declivosa (morro). No local, as edificações encontram-se próximas à encosta, que apresenta grande amplitude

altimétrica (superior a 100 m), foram realizados cortes e aterros para o nivelamento dos lotes e construção das edificações, como também a retirada da cobertura vegetal. Neste sentido, constatou-se árvores de grande porte isoladas e presença de blocos rochosos de diferentes dimensões oriundos de porções superiores da encosta, feições erosivas, como também uma situação na qual ocorreu processo de escorregamento próximo a uma edificação.

As áreas de perigo muito alto correspondem a 21,43% das edificações cadastradas (Figura 7) e caracterizam-se por apresentar os condicionantes naturais predisponentes e o nível de intervenção antrópica com potencialidade muito alta para o desenvolvimento de processos que ocasionam danos e, por conseguinte, desencadear um desastre natural.

Dessa forma, observam-se indícios de instabilidade de encostas como trincas no solo, em edificações ou em muros, árvores inclinadas, cicatrizes de escorregamentos, feições erosivas, presença de blocos de rochas, entre outros. Os respectivos indícios são expressivos nos locais de perigo muito alto e estão presentes em grande número, ou ainda existem, em algumas situações, a (re)ocorrência de enxurradas com maior magnitude. Assim sendo, os processos de instabilização de encostas apresentam-se em avançado estágio de desenvolvimento e/ou as enxurradas, caracterizam-se como processos recorrentes, além disso, os respectivos processos causadores de danos podem atuar de maneira simultânea.

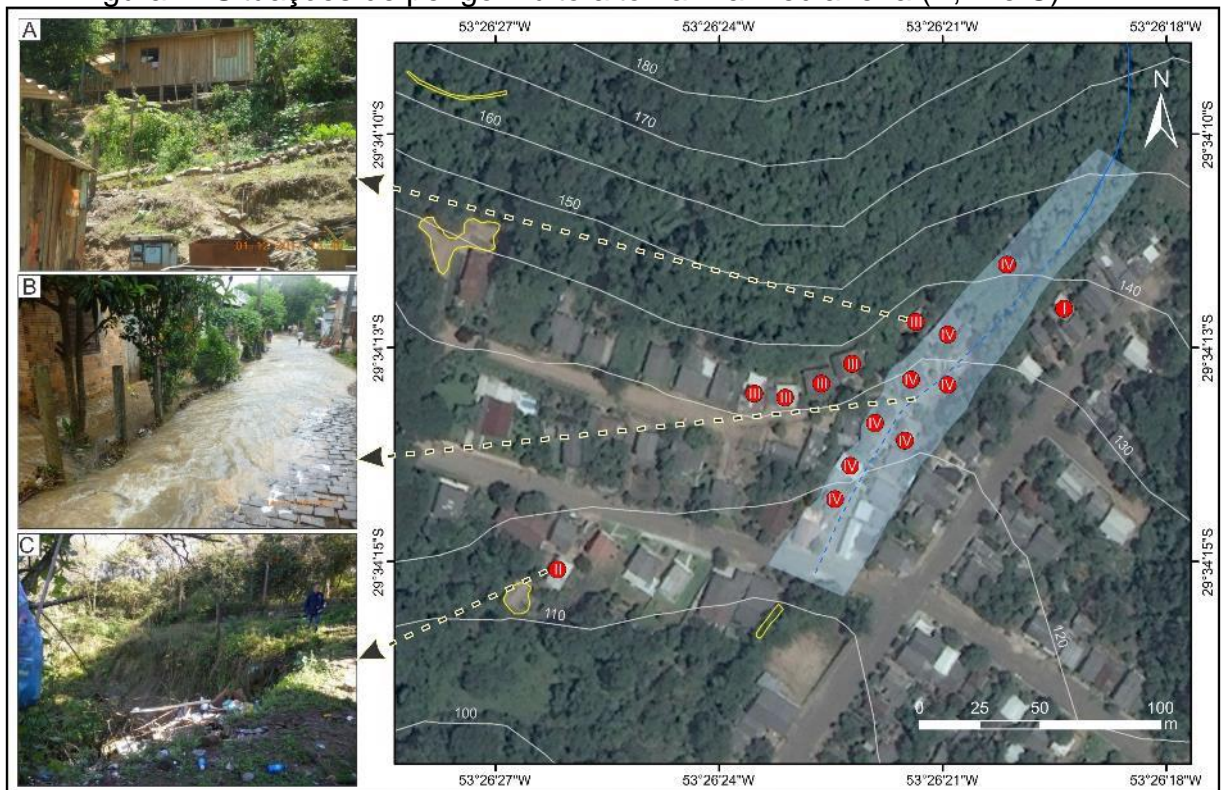
Para o grau de perigo muito alto, foram identificadas quatro situações de perigo, que atribuem as edificações cadastradas semelhança em relação às condições de danos potenciais:

I) Como primeira situação de perigo muito alto, destaca-se uma edificação localizada próxima ao vale fluvial canalizado ao fundo de um lote. A condição de perigo remete a um corte lateral e atrás da edificação, próximos dela, além da presença de árvores de grande porte isoladas, presença de raízes expostas e o descarte de lixo e/ou dejetos. Em razão disso, a área torna-se suscetível a processos de escorregamento, tanto na lateral quanto ao fundo do lote, como também a queda e/ou tombamento de árvores e galhos.

II) A segunda situação de perigo muito alto corresponde a uma área em que ocorreu processo de escorregamento rotacional associado a depósitos e descarte de lixo em local inadequado, agregado ao lançamento de águas

servidas. A área em que ocorreu o processo localiza-se próxima à edificação, aproximadamente 2 m, e apresenta trincas no terreno. No local, ainda persistem ações de descarte de lixo e lançamento de águas servidas, as quais atribuem umidade e peso ao talude e potencializam novos eventos como o já ocorrido. Neste sentido, ações como a limpeza da área, o não lançamento de águas servidas, não descarte de dejetos e/ou lixo e a impermeabilização do local são ações que podem atenuar novos processos que ocasionem danos.

Figura 7- Situações de perigo muito alto na vila Medianeira (A, B e C).



Fonte: Organização dos autores (fotografia B disponibilizada pela Defesa Civil Municipal de Faxinal do Soturno).

III) A terceira situação de perigo muito alto corresponde a cinco edificações localizadas na base da encosta declivosa (morro) e próximas a árvores de grande porte isoladas. A área é suscetível a processos de escorregamento, rolamento de blocos e ao tombamento ou queda de árvores e de galhos. No local, observaram-se ações antrópicas como cortes e aterros para construção das edificações ao fundo e nas laterais dos lotes, como também a retirada da cobertura vegetal, com presença de árvores de grande porte isoladas e inserção de espécies exóticas como bananeiras que atribuem peso aos

taludes. Foram identificadas edificações com rachaduras, associado a um possível processo de rastejo e, em um dos casos, foi necessária a desocupação da edificação. Ademais, observou-se a presença de blocos de rocha de diferentes dimensões de segmentos superiores da encosta e mediante eventos de precipitação intensa, concentrada e/ou acumulada, ocorrem processos de escoamento de água pluvial oriundo da encosta.

IV) A quarta situação de perigo muito alto na área de estudo corresponde ao conjunto de oito edificações situadas em local de recorrência de enxurradas. O setor também se torna suscetível a processos do tipo corridas de lama e detritos em razão de caracterizar uma área de convergência de um vale fluvial. Observaram-se ações antrópicas de cortes laterais e ao fundo de alguns dos lotes, muito próximos às edificações, em alguns casos, com dimensões de aproximadamente 2,5 m de amplitude que tornam a área suscetível a processos de escorregamento, além da identificação de indícios de solapamento do terreno e feições erosivas na base das edificações.

O perigo para que ocorram processos que ocasionem danos na vila Medianeira acontece em função da área ser naturalmente suscetível às ameaças (movimentos de massa e enxurradas) e o fator antrópico atribui à área situações de perigo, seja devido apenas ao processo de ocupar esses espaços ou pelas intervenções desempenhadas de maneira localizada pelos sujeitos que potencializam ou acentuam as condições de perigo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área de estudo apresenta características naturais que a identificam como suscetível aos processos de dinâmica superficial e, em função da ocupação e das intervenções antrópicas, atribuem ao local a condição de perigo. A metodologia apresentada para mensuração das variáveis foi julgada satisfatória, pois possibilitou identificar situações de perigo na área de estudo. Para a escolha dos itens de análise, foram consideradas informações disponíveis na literatura.

A partir disso, desenvolveu-se uma ficha cadastral que agregou pesos e notas para as situações de perigo, o que foi estruturado com quatro graus de severidade, entre baixo, médio, alto e muito alto. Desse modo, expressaram, por meio de uma cartografia quantitativa, os locais que demandam atenção e

situações em que os sujeitos possuem condições de conviver com o perigo potencial.

A utilização de técnicas de geoprocessamento tornou possível o mapeamento e o cadastro da área de estudo, com representações cartográficas adequadas às informações validadas durante os trabalhos de campo. O banco de dados cartográfico possibilita atualizações, o que visa contribuir para o gerenciamento de risco dessas áreas.

A pesquisa possibilitou o mapeamento e cadastro de 70 edificações em áreas de perigos aos movimentos de massa e enxurradas. As edificações puderam ser identificadas, respectivamente, em 27,15% com perigo baixo, 25,71% com perigo médio, 25,71% com perigo alto e 21,43% com perigo muito alto. As classes de perigo alto e muito alto ainda puderam ser setorizadas de acordo com a semelhança em relação às condições de danos potenciais e processos de risco atuantes. Neste sentido, foram identificadas situações de perigo decorrentes de instabilidades em encostas como trincas no solo, trincas em moradias ou em muros, cicatrizes de escorregamentos, presença de blocos de rochas, feições erosivas, árvores de grande porte isoladas e a recorrência de enxurradas.

O presente estudo do perigo serve como uma ferramenta para gestão e gerenciamento de risco de desastres naturais no município de Faxinal do Soturno, à medida em que retrata diferentes situações de perigo e setoriza elementos que potencializam danos nos locais analisados. Desse modo, possibilita aos agentes empenhados no planejamento e ordenamento do espaço urbano, como também à Defesa Civil municipal ações nas áreas que demandam maior atenção e, por conseguinte, mitigação para o perigo.

Por fim, sugere-se que sejam realizados estudos prévios para a ocupação de novas áreas no local, em razão da sua suscetibilidade aos processos que ocasionam danos, como movimentos de massa e enxurradas. Ainda indica-se que seja realizada a análise da vulnerabilidade social e do risco de desastres naturais.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Defesa Civil municipal de Faxinal do Soturno - RS.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. M. **Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife**. 1998. 135p. Tese (Doutorado em Ciências Geologia). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

AMARAL, C.; FEIJÓ, R. L. Aspectos ambientais dos escorregamentos em áreas urbanas. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre geografia física no Brasil**. 7.ed Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2014. p. 193-223.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidade de taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Orgs.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 243-269.

AVILA, L.O. **Vulnerabilidade das áreas sob ameaça de desastres naturais na cidade de Santa Maria/RS**. 2015. 250p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BANDEIRA, A. P. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe-PE**. 2003. 209p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, vol. 3, 2003.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. (Orgs.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de riscos e medicina de desastres**. 2.ed. Revista e Ampliada. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento - Secretaria Especial de Políticas Regionais - Departamento de Defesa Civil, 1998.

CERRI, L. E. S.; AMARAL, C. P. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Orgs.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 301-310.

CERRI, L. E. S.; NOGUEIRA, F. R.; CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; AUGUSTO FILHO, O. **Mapeamento de risco em assentamentos precários no município de São Paulo (SP)**. São Paulo, UNESP, Geociências, São Paulo, vol. 26, n. 2, p. 143-150, 2007.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000, 2006. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 18 jan. 2017.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Faxinal do Soturno. Porto Alegre/RS: Coordenadoria Estadual de Defesa Civil**. Disponível em: <<http://www2.defesacivil.rs.gov.br/SGDC/MConvenios/ConvInterMuniNew.asp?msg=&iddecreto=&idopm=0&idmunicipio=165&idtpevento=0&dtinicial=01/01/2011&dtfinal=27/12/2017&idtpolicitacao=&nopred=&popatingida=>>>. Acesso em 18 jul. 2017.

DEFESA CIVIL MUNICIPAL DE FAXINAL DO SOTURNO. **Acervo Fotográfico. Faxinal do Soturno/RS: Secretaria da Agricultura e Departamento do Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de Faxinal do Soturno**. Disponível em: <<http://www.faxinaldosoturno.rs.gov.br/secretarias/secretaria-da-agricultura-e-departamento-do-meio-ambiente>>. Acesso em 18 jul. 2017.

FARIA, D. G. M. **Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do processo de análise hierárquica (AHP)**. 2011. 194p. vol. 1. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico- geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 11.ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2012. 123-194.

GOOGLE EARTH PRO. **Interface do usuário**. 2017. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em 01 nov. 2018.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1984.

GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F. Movimentos de massa. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008. p. 159-184.

HENRIQUE, H. M. **Mapa de risco a deslizamento e erosão do bairro de Rurópolis, município do Ipojuca-PE**. 2014. 160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base Cartográfica Municipal**. Escala 1:50.000, 2010. Disponível em: < ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/UFs/RS/>. Acesso em 09 ago. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, vol. 2. p. 130, 1981.

KORMANN, T. C. **Ocupação de encostas no município de Blumenau - SC: estudo da formação das áreas de risco a movimentos de massa**. 2014. 146p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LISTO, F. L. R.; VIEIRA, B. C. Mapping of risk and susceptibility of shallow-landslide in the city of São Paulo, Brazil. **Geomorphology**, vol. 169-170, n. 1, p. 30-44, out. 2012.

MAIA, L. P. Geomorfologia Aplicada: Teoria e Prática. **Mercator** - Revista da Geografia da UFC, Fortaleza, vol. 1, n. 2, p. 133-137, jan. 2002.

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

NOGUEIRA, F. R. Gestão dos Riscos nos Municípios. In: CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (Orgs.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

NUMMER, A. V.; PINHEIRO, R. J. B. Dinâmica de Encosta: movimentos de massa. In: ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. (Orgs.). **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2013. p. 67-96.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais: abrangência na América do Sul**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PAMPLONA, J.; VALENTE, T. Avaliação do risco à ocorrência de movimentos de massa: proposta de uma metodologia. **Comunicações Geológicas**, vol. 101, Especial II, p. 923-926. 2014.

RODRIGUES, F. S.; LISTO, F. L. R. **Mapeamento de áreas de risco a escorregamentos e inundações em áreas marginais a rodovias na Região Metropolitana de São Paulo**. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 21, n. 4, p. 765-775, out/dez. 2016.

SCHIRMER, G. J. **Mapeamento geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma e Pinhal Grande - RS**. 2012. 155p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TOMINAGA, L. K. Análise e mapeamento de risco In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015a. p. 147-160.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015b. p. 11-23.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3.ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015c, p. 25-38.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba**, SP. 2007. 220p. Tese (Doutorado em Ciências – Geografia Física). Universidade de São Paulo, São Paulo.

UNISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, 2009. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. Disponível em: <www.unisdr.org>. Acesso em 20 fev. 2018.

WIGGERS, M. M. **Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS)**. 2013. 131p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

