

ORGANIZADORES
Luís Eduardo de Souza Robaina
Romario Trentin

LABORATÓRIO LAGEOLAM/UFSM

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

Volume 2 - O período de 2011 a 2015

ORGANIZADORES
Luís Eduardo de Souza Robaina
Romario Trentin

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

Volume 2 - O período de 2011 a 2015

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 2 – O PERÍODO DE 2011 A
2015

L123 Laboratório LAGEOLAM/UFSM [recurso eletrônico] : 25 anos estudando
áreas de risco a desastres naturais: volume 2 - o período de 2011 a 2015
/organizadores Luís Eduardo de Souza Robaina, Romario Trentin. –
Santa Maria, RS : FACOS-UFSM, 2023.
1 e-book : il.

ISBN 978-65-88403-86-0

1. Geociências 2. Geologia 3. Geologia ambiental 4. Avaliação dos
riscos ambientais 5. Desastres ambientais 6. Inundações 7. Movimentos
de massa 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 Veleza Arabidian - CRB-10/1492
Biblioteca Central da UFSM

ISBN: 978-65-88403-86-0.

APRESENTAÇÃO

A presente coletânea, reúne artigos de autoria de Pesquisadores do Laboratório LAGEOLAM da Universidade Federal de Santa Maria. 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 sobre a realidade dos estudos 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 a dimensão espacial dos fenômenos naturais e sociais, sintetizando as interações existentes da sociedade com a natureza. Neste 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 se dá de forma desigual e contraditória. As relações sociais e econômicas estão socialmente inseridas numa materialidade espacial, onde 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. Portanto o zoneamento e o mapeamento de risco é importante instrumento para o planejamento e regulação do uso e ocupação do solo. Este tipo de mapeamento quando associado às questões geomorfológicas trazem 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 congrega 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, possam encontrar soluções para essas situações.

O SEGUNDO VOLUME DA COLETÂNEA

Nesse segundo volume estão apresentados 19 artigos desenvolvidos entre 2011 e 2015. Os trabalhos publicados foram realizados em 12 municípios do Rio Grande do Sul e um trabalho realizado na cidade do Porto, Portugal. O trabalho desenvolvido na cidade do Porto, Portugal, publicado em 2011, estava ligado ao Pós-Doutorado do pesquisador Luis Eduardo Robaina que analisou, com apoio de colega português, o risco de movimentos de massa.

No ano de 2012 foram desenvolvidos trabalhos de inventário a desastres naturais no município de Erechim/RS, pesquisa sobre a expansão urbana e sua relação com os processos de inundação que afetam o município de Rio Grande, estudo sobre uma encosta urbana instável situada na cidade de Santa Cruz do Sul e trabalho de zoneamento de risco à inundação no município de São Borja, localizado na margem esquerda do Rio Uruguai.

Artigos publicados em 2013 apresentaram estudos nos municípios de Alegrete e São Gabriel, com grande problema relacionado a processos de inundação. Nesse mesmo ano, foram publicados um artigo que relaciona os desastres naturais e os eventos atmosféricos extremos no Rio Grande do Sul e outro que discute Fundamentos e conceitos de Áreas de risco por processos de dinâmica geomorfológica.

Nos municípios de Cachoeira do Sul, Quaraí e Jaguari foram estudados os processos de inundação e no município de Caxias do Sul os processos de movimentos de massa, que resultaram publicações no ano de 2014.

No ano de 2015 foram publicados estudos variados que trataram das áreas de risco a inundações no município de São Gabriel e Itaqui; inventários de eventos nos municípios de Santa Cruz do Sul, Erechim e na região dos municípios da Quarta Colônia; uma análise do gerenciamento de áreas de risco em cidades brasileiras, indicando projetos e programas.

ARTIGO	REVISTA	ANO
ANÁLISE GEOGRÁFICA DE ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTO DE MASSA NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO, PORTUGAL	Revista Brasileira de Geomorfologia, - v. 12, nº 2 DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v12i2.231	2011
DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS ENTRE OS ANOS DE 1986 A 1991	REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.1, N.4, p.591 – 598 https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1858	2012
EXPANSÃO URBANA E O PERIGO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO EM RIO GRANDE/RS	GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 37, n. 3, p. 445-462 https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/7681	2012
ANÁLISE DA INSTABILIDADE DE UMA ENCOSTA LOCALIZADA NA ÁREA URBANA EM SANTA CRUZ DO SUL, RS	GEOCIÊNCIAS, São Paulo, UNESP, , v. 31, n. 2, p. 159-174. https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7250	2012
RISCO À INUNDAÇÃO NO MÉDIO CURSO DO RIO URUGUAI: ESTUDO DE CASOS NO MUNICÍPIO DE SÃO BORJA – RS	Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.3, (Jul-Set) p.279-286 DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v13i3.198	2012
ZONEAMENTO DAS INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE ALEGRETE – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL	GEOCIÊNCIAS, São Paulo, UNESP, , v. 32, n.2, p. 346-355. https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7310	2013
CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA SOBRE OS DESASTRES NATURAIS PROVOCADOS POR EVENTOS ATMOSFÉRICOS EXTREMOS NO RIO GRANDE DO SUL	Geografia Ensino & Pesquisa, v. 17, n.1 p. 93-106. DOI: https://doi.org/10.5902/223649948742	2013
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. https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/8183	2013
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. DOI: 10.12957/geouerj.2013.3808	2013
ESTUDOS DE ÁREAS DE RISCO: O CASO DE CACHOEIRA DO SUL/RS.	Boletim Gaúcho de Geografia, 41: 294-311. https://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/40775	2014
ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS)	Boletim Gaúcho de Geografia, 41: 260-279. https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/43932	2014
ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AOS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE QUARÁI – RS.	Ciência e Natura, Santa Maria, v. 36 n. 3. p. 419 – 429. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X12993	2014
USO DE TRÊS FONTES DE DADOS ALTIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM PERIGOS À INUNDAÇÃO.	Geografia Ensino & Pesquisa, v. 18, n.2, p. 123-144. DOI: https://doi.org/10.5902/2236499413207	2014
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM METEOROLÓGICA E CLIMATOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE ERECHIM (RS), NO PERÍODO DE 1986 A 2011	Boletim Gaúcho de Geografia, v. 42, n.1: 255-275. http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/45833/32946 .	2015

ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO DA ÁREA URBANA DE ITAQUI-RS.	Boletim Gaúcho de Geografia, v. 42, n.2: 672-687. http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/41397/34042	2015
ANÁLISE TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS NA QUARTA COLÔNIA IMIGRAÇÃO ITALIANA - RS DE 1980 A 2013	Geografia Ensino & Pesquisa, v. 19, n.3 p. 89-108. DOI: https://doi.org/10.5902/2236499415232	2015
GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO EM CIDADES BRASILEIRAS: PROJETOS E PROGRAMAS.	Ciência E Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4, p.366-384. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X15597	2015
INVENTÁRIO DE INUNDAÇÕES REGISTRADAS NA ÁREA URBANA DE SANTA CRUZ DO SUL ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2013.	Ciência E Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 555-563. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X17324	2015
ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SÃO GABRIEL, RS	Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 26, 2015, p. 270-287. Doi: 10.12957/geouerj.2015.13658.	2015

Autores

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

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.

Antonio de Sousa Pedrosa - Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Letras, Universidade do Porto (1981), mestrado em Geografia Física pela Faculdade de Letras, Universidade do Porto (1987) e doutorado em Geografia Física pela Faculdade de Letras da Universidade do Porto (1993). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase particular na Geografia Física, atuando principalmente nos seguintes temas: geomorfologia, gestão de riscos naturais, cartografia de riscos, ordenamento território, paisagem cultural e turismo.

Bernadete Weber Reckziegel - Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2004) e mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2007). Atualmente é geógrafa - Superintendência do Patrimônio da União.

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.

Cássio Arthur Wollmann - Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2007). É Doutor (Doutorado Direto) (2011) e Pós-doutor (2018) pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo (USP - São Paulo, SP). Atualmente, Professor Associado (Nível II) da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Pesquisador integrante da Rede Climas Subtropicais (RCS), que envolve os principais pesquisadores da Climatologia Geográfica do sul do Brasil.

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.

Danielli Flores Dias - Licenciada, Mestre e Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professora da rede pública nos municípios de Carlos Barbosa e Garibaldi (RS). Integrante do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) e desenvolve pesquisas nas temáticas dos processos erosivos e mapeamento geoambiental.

Edson Luis de Almeida Oliveira - Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, campus Camaquã.

Eléia Righi – Graduada pela UFSM-RS, no curso de Geografia Bacharel. Bacharel em Administração pela UNOPAR. Mestre em Geografia pela UFRGS-RS. Doutorado em Geografia pela UFRGS-RS. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física e Humana.

Elisabete Weber Reckziegel - Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Geografia e Doutora em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Experiência na área de Geotecnologias: SIG, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Gerson Jonas Schirmer - Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria, Professor da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Mestre no curso de Pós-Graduação em geografia da UFSM, Bacharel e Licenciado em geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geomorfologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Cartografia Geoambiental; mapeamento geomorfológico; mapeamento de risco; e setores econômicos.

Jefferson Ferreira Ferreira - Geógrafo pela Universidade Federal de Santa Maria e Doutor em Geografia pela UNESP-Rio Claro. Tem experiência em

Ecologia, Geociências e Geografia Física, com um forte foco na dimensão espacial dos fenômenos utilizando SIG e Sensoriamento Remoto. Trabalha como Pesquisador Assistente e Líder do Grupo de Pesquisa em Análise Geoespacial do Ambiente e Territórios Amazônicos, assim como pesquisador colaborador do Grupo de Pesquisa em Ecologia Florestal do Instituto Mamirauá/OS-MCTI.

Luiz Antônio Bressani - Engenheiro Civil pela UFRGS e PhD em Mecânica dos Solos pelo Imperial College de Londres (1990), sócio da BSE Eng. Geotécnica e Ambiental e professor vinculado ao Programa de Pós-graduação em Construção e Infra-estrutura da UFRGS. Durante a carreira realizou pesquisas sobre Comportamento de Solos Tropicais (aspectos estruturais e resistência residual), Mapeamento Geotécnico e Avaliação de Risco de Escorregamentos de Terra, Instrumentação Geotécnica, Instrumentação de Barragens Hidro-elétricas e Túneis em Rocha. Experiência em projetos na área de Estabilidade de Taludes, urbanos e rodoviários, aterros de resíduos, instrumentação de barragens (análise de fluxo e deformação). Atuou em treinamento para a CPRM em risco de escorregamentos de terra.

Luís Eduardo de Souza Robaina - Possui graduação em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (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.

Monica Marlise Wiggers – Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Formada em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Trabalha como Geógrafa na Secretaria de Estado da Cultura do Rio Grande do Sul.

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.

Rinaldo José Barbosa Pinheiro - Engenheiro Civil, com mestrado em Estruturas (1991) e doutorado em Geotecnia (2000) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEC/UFRGS). Professor Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (CT/UFSM). Tem experiência na área de Engenharia Civil e Geologia de Engenharia, com ênfase em Geotecnia e Meio Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: caracterização geológica-geotécnica, geotecnia ambiental e pavimentação.

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 (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.

Silene Raquel Saueressig - Formada no curso de Geografia Licenciatura Plena pela Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. Mestre em Geografia na linha de pesquisa em meio ambiente, paisagem e qualidade ambiental, também pela UFSM. Integrante do Laboratório de Geologia Ambiental-LAGEOLAM/UFSM, atuando na linha de áreas de risco em ambiente urbano. Também, participou de projetos em Educação Ambiental. Foi Diretora do Departamento de Habitação, na Prefeitura Municipal de Horizontina-RS, no período de dezembro de 2010 a dezembro de 2012. Atualmente é professora no ensino fundamental, no município de Horizontina-RS e, professora estadual para o ensino médio, no município de Dr. Maurício Cardoso.

Tanice Cristina Kormann – Possui Bacharel 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.

Thiago Bazzan - Doutorando em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e Técnico em Geomática pelo Colégio Politécnico da UFSM. Atua e tem experiência com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagens, Sistemas Globais de Navegação por Satélite, Topografia e Geodésia, Operação e Mapeamento com Drones.

Vanessa Aline Peretti - Mestre em Geografia - UFSM, Especialista em Metodologia do Ensino de História e Geografia - Eadcom, Licenciada em Geografia - URI

Vanessa Salvadé Silveira - Graduada em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2010-2013).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	5
ARTIGO 1. ANÁLISE GEOGRÁFICA DE ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTO DE MASSA NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO, PORTUGAL.....	16
ARTIGO 2. DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS ENTRE OS ANOS DE 1986 A 1991.....	31
ARTIGO 3. EXPANSÃO URBANA E O PERIGO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO EM RIO GRANDE/RS.....	39
ARTIGO 4. ANÁLISE DA INSTABILIDADE DE UMA ENCOSTA LOCALIZADA NA ÁREA URBANA EM SANTA CRUZ DO SUL, RS.....	60
ARTIGO 5. RISCO À INUNDAÇÃO NO MÉDIO CURSO DO RIO URUGUAI: ESTUDO DE CASOS NO MUNICÍPIO DE SÃO BORJA – RS.....	85
ARTIGO 6. ZONEAMENTO DAS INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE ALEGRETE – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL	98
ARTIGO 7. CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA SOBRE OS DESASTRES NATURAIS PROVOCADOS POR EVENTOS ATMOSFÉRICOS EXTREMOS NO RIO GRANDE DO SUL.....	110
ARTIGO 8. ÁREAS DE RISCO POR PROCESSOS DE DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO RIO GRANDE DO SUL: FUNDAMENTOS E CONCEITOS.....	126
ARTIGO 9. ZONEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO RIO VACACAÍ NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL, RS.....	151
ARTIGO 10. ESTUDOS DE ÁREAS DE RISCO: O CASO DE CACHOEIRA DO SUL/RS.....	169
ARTIGO 11. ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS).....	187
ARTIGO 12. ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AOS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE QUARAÍ – RS.....	206
ARTIGO 13. USO DE TRÊS FONTES DE DADOS ALTIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM PERIGOS À INUNDAÇÃO.....	221
ARTIGO 14. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM METEOROLÓGICA E CLIMATOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE ERECHIM (RS), NO PERÍODO DE 1986 A 2011.....	250
ARTIGO 15. ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO DA ÁREA URBANA DE ITAQUI-RS.....	272

ARTIGO 16. ANÁLISE TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS NA QUARTA COLÔNIA IMIGRAÇÃO ITALIANA - RS DE 1980 A 2013.....	288
ARTIGO 17. GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO EM CIDADES BRASILEIRAS: PROJETOS E PROGRAMAS.....	314
ARTIGO 18. INVENTÁRIO DE INUNDAÇÕES REGISTRADAS NA ÁREA URBANA DE SANTA CRUZ DO SUL ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2013.....	340
ARTIGO 19. ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SÃO GABRIEL, RS.....	354

ANÁLISE GEOGRÁFICA DE ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTO DE MASSA NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO, PORTUGAL

Luis Eduardo de Souza Robaina; Antonio de Sousa Pedrosa; Thiago Bazzan; Elisabete Weber Reckziegel

DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v12i2.231>

Resumo: Este trabalho estabelece uma discussão de áreas sujeitas a risco de acidentes desencadeados por movimentos de massa na Serra do Pilar, em Vila Nova de Gaia, Porto, Portugal. O mapa base para a análise foi a planta topográfica de Vila Nova de Gaia, em escala de 1:2000 e as imagens disponíveis no software Google Earth. As análises foram realizadas por meio de trabalhos de campo, em que foram percorridas as vias de acesso da comunidade e descritas as características das habitações (material construtivo, acabamento, tamanho e obras de contenção) e as feições do terreno que indicam susceptibilidade a movimentos de massa. Para determinar a localização das observações de campo e das moradias em situação de risco utilizou-se um receptor do Global Positioning System (GPS). Para o georreferenciamento e edição vetorial da planta topográfica e imagens utilizou-se o SPRING 4.2. Na elaboração do Modelo Digital do Terreno (MDT) foi utilizado o aplicativo Surfer 8.0. A edição final dos mapas foi realizada no programa gráfico Corel Draw. As habitações são constituídas de alvenaria com variado nível de acabamento. Ocorrem duas situações em termos de susceptibilidade a movimentos de massa: uma porção onde ocorre a exposição de rochas em declives muito acentuados e outra porção onde ocorre uma concentração do fluxo da água com desenvolvimento de um solo/alterito que permite a fixação de vegetação. Verifica-se pelo menos seis patamares de corte na frente e atrás das moradias. Estes cortes juntamente com o acúmulo de água pluvial e de esgoto, a presença de entulhos, muros e pequenas construções podem se constituir em indutores da ocorrência de processos na vertente. As situações mais graves ocorrem onde o adensamento das ocupações é maior, na porção Centro-Leste. Para a redução dos riscos é necessário a execução de um plano de intervenções estruturais voltado para a redução ou a erradicação dos riscos, concomitante com uma intervenção junto à comunidade, buscando formas de organização comunitária e participativa nos projetos de monitoramento permanente e prevenção de acidentes.

Palavras-chave: área de risco; dinâmica de encosta; movimentos de massa; cidade do Porto, Portugal.

Abstract: The present work establishes a discussion about the areas under risk of accidents by mass-wasting in Serra do Pilar, located in the Vila Nova de Gaia - Portugal. The analysis base was the topographic map of Vila Nova de Gaia in scale of 1:2000 and images available on Google Earth software. The analyzes have been accomplished through field works by access of the community with describing the houses' characteristics (construction material, finishing work, size, and contention works) as well as the area features indicating susceptibility to mass-wasting. To determine the location of field observations and of the houses at risk, we used a recipient of the Global Positioning System (GPS). For the georeferencing and vectorial edition of the topographic map and images, we have applied the SPRING 4.2, while for the elaboration of the Digital Terrain Model (DTM) the applicative applied was the Surfer 8.0. The final edition of the maps has been accomplished in the Corel Draw graphic program. The houses are made of masonry showing an assorted level of finishing work. One can observe two situations regarding the susceptibility to mass-wasting: a portion with the occurrence of rocks exposure in highly accentuated declines and other portion where occurs a concentration of the water flow with the development of a soil/alterite which allows the vegetation fixing. At least six cut landings are verified in the back and front of the houses. Such cuts, together with the saturation of regolith with pluvial water and sewer accumulation, may act as conductors of the occurrence of processes in the slope. The most serious situations occur where the thickening of the occupations is larger in the center-west region. In order to decrease the risks, it is necessary to carry out a plan of structural interventions addressed to their reduction or eradication in concomitance with the searching for a community organization that may be participative in the projects of permanent monitoring and of accidents prevention.

Keywords: Risk area; slope dynamic; Mass-wasting; Porto city, Portugal.

INTRODUÇÃO

A cidade, conforme Santos (1994), é uma realização humana que vai se constituindo em um longo processo histórico, sendo um produto social onde as aspirações individuais e/ou coletivas estão susceptíveis às decisões político-econômicas.

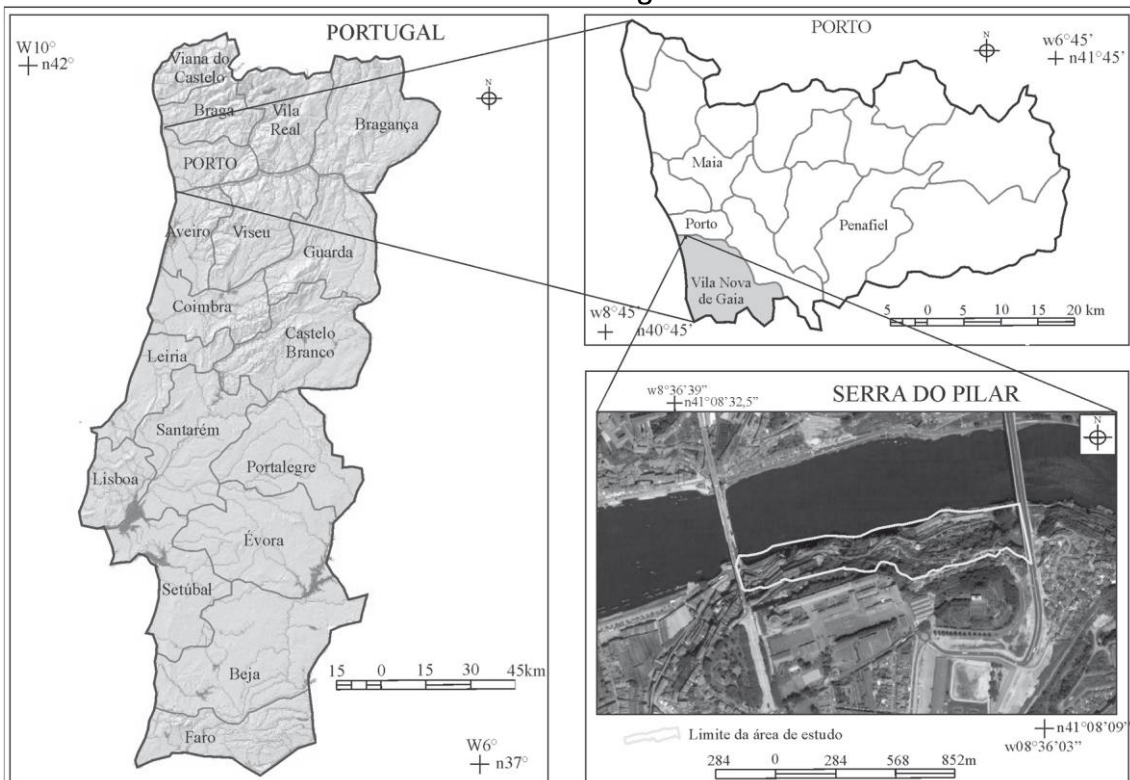
Dessa forma, diante da complexidade dos fatores e elementos envolvidos, os problemas urbanos devem ser analisados de forma abrangente, sob a ótica natural, socioespacial e política, pois assumem perfis espaciais diferenciados em face das desigualdades que se acentuam nas áreas urbanas contemporâneas.

Os riscos associados a processos naturais, como os movimentos de massa em encostas, são um dos problemas urbanos que mais têm aumentado nos últimos anos, sobretudo em períodos chuvosos. Estes desastres causam enormes prejuízos à sociedade, pois, em muitos casos, nas proximidades ou sobre a própria encosta, encontram-se habitações, vias, dutos ou qualquer outro elemento componente da infraestrutura da região.

Neste contexto, este trabalho estabelece uma discussão da ocupação irregular em áreas sujeitas a risco de acidentes desencadeados por movimentos de massa na região metropolitana do Porto. Utilizou-se como estudo de caso a comunidade localizada na encosta da Serra do Pilar, em Vila Nova de Gaia, entre as Pontes D. Luis I e D. Infante, entre as coordenadas $41^{\circ} 08' 16''$ e $41^{\circ} 08' 27''$ de latitude norte $08^{\circ} 36' 5''$ e $08^{\circ} 36' 35''$ de longitude oeste (Figura 1), abrangendo uma área de 104.171m^2 .

A Serra do Pilar pertence à Freguesia de Santa Marinha, uma das mais populosas do Concelho de Vila Nova de Gaia. Constitui uma porção da margem esquerda do Rio Douro, representada pelo vale estreito e profundo, com vertentes íngremes e elevadas, visível em toda a área marginal e que se prolonga até à foz. O rio está encaixado em uma falha de direção NNW-SSE, que, segundo Araújo (1985, apud NORONHA, 2005), associa-se à falha Porto-Tomar.

Figura 1 - Serra do Pilar, Vila Nova de Gaia, entre as Pontes D. Luis I e D. Infante, entre as coordenadas 41° 08' 16" e 41° 08' 27" de latitude norte 08° 36' 5" e 08° 36' 35" de longitude oeste.



METODOLOGIA

O mapa base para a análise foi a planta topográfica cedida pela Freguesia de Vila Nova de Gaia, em escala de 1:2000, ano 2001, e as imagens de satélites disponíveis no software Google Earth no período de elaboração do estudo.

A fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho define risco como a probabilidade de eventos perigosos causarem consequências indesejadas para uma área habitada, transformando um fenômeno natural em desastre (OGURA; MACEDO, 2002).

O termo risco indicaria a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população, tanto às pessoas, quanto aos seus bens materiais, configurando-se como uma condição potencial de ocorrência de acidente (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006).

Neste sentido, Veyret (2007) define que o risco é um objeto social, uma vez que este somente se configura na presença de um indivíduo, grupo ou população que o perceba e possa sofrer seus efeitos, ou seja, o risco seria a tradução de um perigo para aquele que habita uma determinada área susceptível

à ocorrência de eventos. Para a autora, as sociedades modernas parecem mais vulneráveis a situações de risco devido à forma de interação com o meio, através da prática de atividades desencadeadoras ou aceleradoras de eventos adversos.

Sendo assim, quando se trata de risco, deve-se considerar a susceptibilidade à ocorrência de fenômenos e a vulnerabilidade (fragilidade social - densidade demográfica, infraestrutura, conhecimento e percepção do risco, situação econômica, etc.) do sistema que está sob análise (KOBAYAMA et al., 2006).

As análises foram realizadas por meio de trabalhos de campo, em que foram percorridas as vias de acesso da comunidade e descritas as características das habitações (material construtivo, acabamento, tamanho e obras de contenção) e as feições do terreno que indicam susceptibilidade a movimentos de massa. Para determinar a localização das observações de campo e das moradias em situação de risco utilizou-se um receptor do Global Positioning System (GPS).

A susceptibilidade do terreno foi caracterizada através do estudo de feições observadas no campo e na análise da planta topográfica. As principais feições observadas foram: características da vegetação na encosta, erosão laminar indicada por exposição de raízes ou blocos de rocha no solo, parede de rocha fraturada e mergulho das fraturas em relação ao corte, acúmulo de entulhos na encosta inclinada, distância e altura do talude de corte/aterro em relação à moradia, presença de descontinuidade entre solo e rocha, presença de acúmulo de água no terreno, águas servidas lançadas diretamente na encosta e inclinação da encosta.

O georreferenciamento e edição vetorial da planta topográfica da área de estudo foi elaborado no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING 4.2) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi concebido inicialmente para apoiar projetos ambientais em grandes bases de dados espaciais (CÂMARA et al., 1996).

A elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) foi utilizada a partir da aplicação da técnica de interpolação de dados (krigagem) das curvas de nível e pontos cotados da planta topográfica da área de estudo no software Surfer 8

(GOLDEN SOFTWARE, 2002). A edição final dos mapas foi realizada no programa gráfico Corel Draw 12.

RESULTADOS

Análise da ocupação

Conforme Matos (1990), a partir dos anos 70, a construção de habitações sob a forma de loteamentos e construções clandestinas assume proporções consideráveis, constituindo uma importante forma de expansão urbana em Portugal. Nos principais centros, essas habitações tomaram grandes proporções. Segundo o autor, estima-se que, entre 1971-1981, 40% das moradias construídas foram clandestinas¹.

Dessa forma, o mercado clandestino de terrenos tem proporcionado o acesso à terra e moradias urbanas a uma população de recursos limitados, servindo como solução habitacional perante a ausência do Estado e a inacessibilidade do mercado privado legal. Esta expansão do mercado clandestino é consequência da formulação de políticas urbanas que favorecem a indústria imobiliária e, de modo mais amplo, aos interesses do setor privado, os efetivos agentes do processo de estruturação do espaço urbano.

O mercado clandestino formado por áreas com ocupações irregulares tem sido importante para os mecanismos econômicos, sociais e políticos, uma vez que proporciona a fixação de abundante mão de obra necessária à expansão dos vários setores da economia. Deste modo, as cidades são constituídas por dois espaços que se justapõem e se complementam, sendo necessários para o modo de produção dominante: um espaço legal e outro irregular e ilegal.

Nessa conjuntura é que ocorre a ocupação da escarpa denominada Serra do Pilar. A expansão urbana na área, conforme relato dos moradores, iniciou-se em 1974, em um processo de ocupação clandestina com pessoas de variadas proveniências e de condições sócio profissionais diversificadas.

As habitações são constituídas por alvenaria com variado nível de acabamento, desenvolvidas em fases, com base na disponibilidade financeira dos ocupantes e não em um projeto construtivo.

¹ No caso de Portugal, a designação de construção clandestina se dá àquelas feitas sem autorização das câmaras municipais.

A imagem da área (Figura 2) permite observar a forma desorganizada da ocupação nos patamares da encosta. A diversidade de tipologias e usos caracterizado por habitações unifamiliares, pequenas construções multifamiliares, pequenos comércios e oficinas, além de indústrias desativadas e canteiros com pequenas plantações, é consequência direta de ocupações sem planejamento do conjunto, realizadas em diversas etapas.

Figura 2 - Fotografia apresentando a forma desorganizada de ocupação da encosta, (Fonte: Trabalho de Campo, 2008).



Destaca-se, ainda, que os habitantes adquiriram os terrenos há mais de 20 anos, significando uma fixação da população ao lugar, devido aos vínculos estabelecidos.

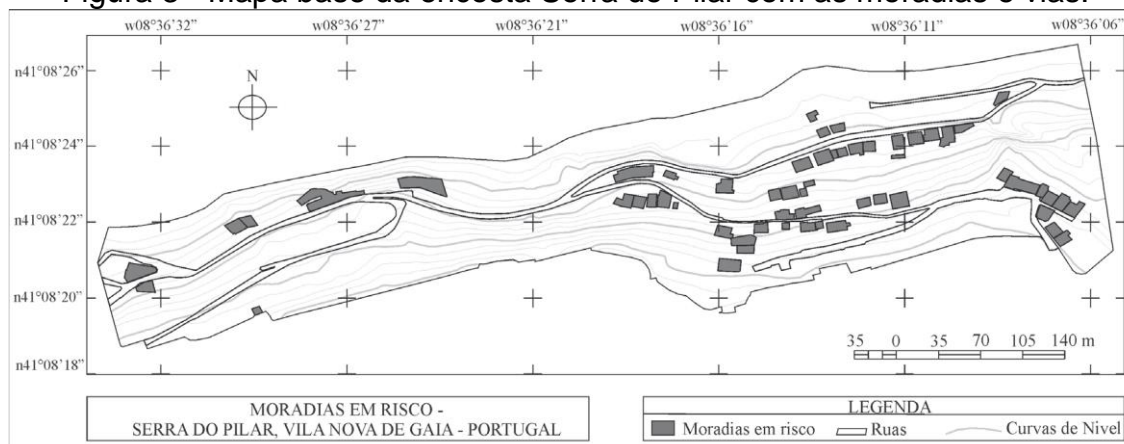
Caracterização da encosta

A encosta está situada entre 5 e 90 metros de altitude apresentando amplitude de 85 metros com vertentes íngremes e declividades elevadas onde encontram-se as moradias e algumas ruas e caminhos de passagem, conforme pode ser observado na Figura 3.

O substrato é formado por um maciço granítico leucocrático constituído por quartzo, feldspato potássico, predominando sobre os plagioclásios, duas micas (biotita e muscovita), com abundante presença de muscovita. A textura pode ser definida como fanerítica média a grossa, sem presença de lineamentos

mineralógicos marcantes. Este substrato formado por um granito de duas micas é chamado Granito do Porto, constituindo as fases de granitogênese ocorridas, conforme Noronha (2005) em torno de 310 M.a. do evento orogênico Hercínico do Carbonífero (360-286 M.a.).

Figura 3 - Mapa base da encosta Serra do Pilar com as moradias e vias.



A rocha granítica exposta na vertente apresenta dois conjuntos de fraturas subverticais que conferem um aspecto colunar. Cortando esse conjunto ocorrem fraturas com mergulho entre 30-50 graus e sentido variado. Além desse conjunto de fraturas tectônicas ocorrem fraturas por alívio de pressão, paralelo à vertente, devido à exposição da rocha granítica à superfície.

Conforme Ribeiro e Pereira (1992, apud NORONHA, 2005), os processos tectônicos apresentam uma fase dita F3, que correspondeu a tensões compressivas máximas com orientação NE-SW. Além de responsável por dobramentos e pelos cisalhamentos NW-SE e ENE-WSW, implicou também fendas de tracção NE-SW e NNE-SSW registadas nomeadamente nos maciços graníticos de duas micas sintectônicos relativamente a F3.

Posteriormente à F3 atuaram as fases terminais hercínicas, sob a ação de uma tensão compressiva máxima N-S que implicou o rejogo das fraturas geradas, principalmente, durante o período terminal de F3. Foi neste período que o sistema frágil NNE-SSW atingiu maiores proporções. As principais direções de fraturas observadas nos afloramentos graníticos revelam orientação NE-SW (N30 a N60E), que é o mais marcado, e ENE-WSW a NW-SE (N100 a N140E).

A alteração do material rochoso está condicionada aos componentes mineralógicos e ao fraturamento. O predomínio de quartzo e feldspato, além da

mica branca, no granito que compõem o substrato na encosta da Serra do Pilar, confere à rocha boa resistência aos processos de intemperismo. O quartzo com seu alto grau de polimerização da sílica é o mineral primário mais resistente ao intemperismo. A moscovita e feldspato potássico também são relativamente resistentes aos processos superficiais.

Nas rochas cristalinas, a drenagem é dada pela fraturação da rocha. A presença de fraturas abertas facilita a entrada da água em rochas pouco permeáveis, fazendo com que alcance os minerais e provoque sua alteração proporcionando, ao longo do tempo, o avanço do estado de alteração do maciço e intensificando, conseqüentemente, os riscos na encosta.

A ocorrência de matacões e blocos rochosos imersos no solo e expostos na superfície refletem a forma de alteração das rochas graníticas. A alteração seguindo as fraturas, gera porções centrais menos alteradas formando blocos e matacões imersos no manto de alteração. A ação da erosão que retira as porções alteradas do maciço rochoso expõe os fragmentos de rocha na superfície e pode desencadear a sua instabilização.

O manto de alteração superficial apresenta variação de espessura, formando um saibro arenoso com blocos e matacões de rocha. A vegetação de pequeno e médio porte instala-se nas fraturas e no solo arenoso especialmente onde o escoamento superficial se acumula. A Figura 4 apresenta uma fotografia da vertente ocupada onde pode-se observar as porções com rochas expostas e as áreas de maior alteração do maciço rochoso, que apresenta relativa facilidade de corte, o que permite a instalação das habitações.

Estabilidade da encosta

A fraturação do maciço granítico representa o aspecto dominante e controlador da dinâmica da escarpa, pois é a partir destas que os processos de alteração se desenvolvem e, além disso, conforme a orientação das fraturas em relação ao corte da escarpa podem ocorrer quedas de rocha.

Nos períodos de maior precipitação, que ocorre normalmente no outono/inverno, aumenta a instabilidade da vertente, devido ao acréscimo na quantidade de água no manto de alteração e conseqüentemente pelo aumento de peso dos materiais que intensificam as possibilidades de ocorrência de movimentos na vertente.

Figura 4 - Exposição da rocha onde observa-se a instalação da vegetação em porções da encosta e moradias localizadas abaixo das rochas (Fonte: Trabalho de Campo, 2008).



Na área em estudo ocorrem duas situações gerais com características distintas em termos de susceptibilidade a movimentos na vertente: uma situação onde ocorre a exposição de rochas em declives muito acentuados; e outra porção onde ocorre uma concentração de fluxo de água com desenvolvimento de um solo/alterito que permite a fixação de vegetação.

No primeiro caso, a direção e o sentido das fraturas da rocha controlam a susceptibilidade ao risco. Os movimentos de vertente são rápidos e constituídos por fragmentos do maciço rochoso, blocos e matacões. Ocorrem em superfície plana, quando associadas a planos inclinados em relação ao corte, ou em cunha, quando associados à perda de estabilidade das colunas formadas pelos dois sistemas principais de subverticais de fraturação.

A água da precipitação, com sua ação erosiva e exercendo pressão ao percorrer as fraturas, também intensifica os riscos. Além disso, nesta porção, as diferenças de temperatura que ocorrem no inverno, causam dilatação e contração nos materiais rochosos, podendo, em tempo mais longo, induzir a ocorrência de movimento nas vertentes. Blocos e matacões imersos no solo

também podem ser indutores de acidentes devido à possibilidade de queda associada à ação erosiva na base e à perda da estabilidade.

A segunda situação envolve a presença de camadas de manto de alteração, com blocos de rocha e vegetação associados. Nesta situação podem ocorrer movimentos rápidos de solos e rocha definidos como deslizamentos. A instabilidade está fortemente associada a períodos de significativa acumulação de água da chuva que provoca o aumento do peso do solo e diminuição da resistência ao cisalhamento, devido a fluxos laminares entre o solo e a rocha.

Nessa parte da escarpa a ocupação é mais concentrada, pois permite o corte e o estabelecimento de patamares aumentando o risco devido à densidade ocupacional. Os movimentos de massa, também, são induzidos pela ação antrópica, sendo a mais importante associada à possibilidade de ruptura de estruturas construídas ou depósitos de entulhos nos pátios das moradias e na própria vertente.

Na área em estudo também se observam muros de pedra semelhantes aos usados em atividades agrícolas. Estes muros servem para expansão dos terrenos, estabelecendo patamares parcialmente aterrados. Essas estruturas podem ser indutoras de movimentos de massa por não haver controle do escoamento das águas pluviais e servidas.

A presença de vegetação de médio porte também foi observada em cortes do terreno que expõem as raízes. Essa situação também pode ser indutora de movimentos na vertente provocados pelo tombamento da vegetação produzido pela ação erosiva no manto de alteração junto às raízes.

Além disso, pode-se considerar que a forte variação de nível d'água do Rio Douro, em períodos de elevada precipitação na bacia, até os patamares inferiores da ocupação provoca um aumento na capacidade erosiva que age sobre a margem rochosa fraturada, podendo desencadear movimentos de massa.

Discussão sobre as áreas de risco

O risco pode ser definido pela probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas ou bens materiais), ou seja, é uma condição potencial de ocorrência de um acidente, podendo ser escrito conforme Carvalho e Galvão (2006), pela fórmula: $R = H(fA) * C(fV) * g^{-1}$, na qual um determinado nível de

*risco **R** representa a probabilidade **H** de ocorrer um fenômeno físico em **A**, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências **C** (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade **V** dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de **gestão**.*

O primeiro termo da equação representa a probabilidade de ocorrência do fenômeno físico (A) responsável pela situação de risco.

Neste contexto, as vertentes que ocorrem ao longo do Rio Douro, em Porto e Vila Nova de Gaia, se constituem em áreas de risco de ocorrência de acidentes naturais. Na Serra do Pilar localizam-se pelo menos 60 moradias com variados níveis de risco associados a deslizamentos, queda e rolamento de rocha e rocha/solo.

As moradias estão localizadas principalmente na porção leste da encosta, onde a vertente apresenta forma côncava e existem patamares que facilitam a construção das residências. Na porção noroeste ocorrem algumas moradias em risco, entretanto, a vertente apresenta forma retilínea, conforme pode ser observado na Figura 5.

Na Figuras 6 observa-se a parte a leste da área com forma côncava onde se verifica uma densificação das habitações. Nessa porção ocorre concentração de fluxo das águas superficiais, sendo uma zona onde a fraturação do maciço granítico é mais pronunciada, permitindo desenvolvimento de um solo/alterito e desenvolvimento de vegetação.

Verifica-se também pelo menos seis patamares de corte na frente e atrás das moradias, que foram realizados para a instalação das habitações. Estes cortes juntamente com o acúmulo de água pluvial e de esgoto, a presença de entulhos, muros e pequenas construções podem se constituir em indutores da ocorrência de processos na vertente.

Nas escapas ao longo do Rio Douro, onde está localizada a Serra do Pilar, têm-se registrado diversos acidentes. Em 2006, um deslizamento de terras danificou casas desalojando seis pessoas e deixou um ferido. O acidente ocorreu, conforme informações da Defesa Civil, em uma escarpa da Rua Cabo Simão. O material mobilizado era constituído por entulhos, lixo, vegetação e blocos de rochas.

Figura 5 - Modelo digital de terreno com as moradias em risco de acidentes na encosta.

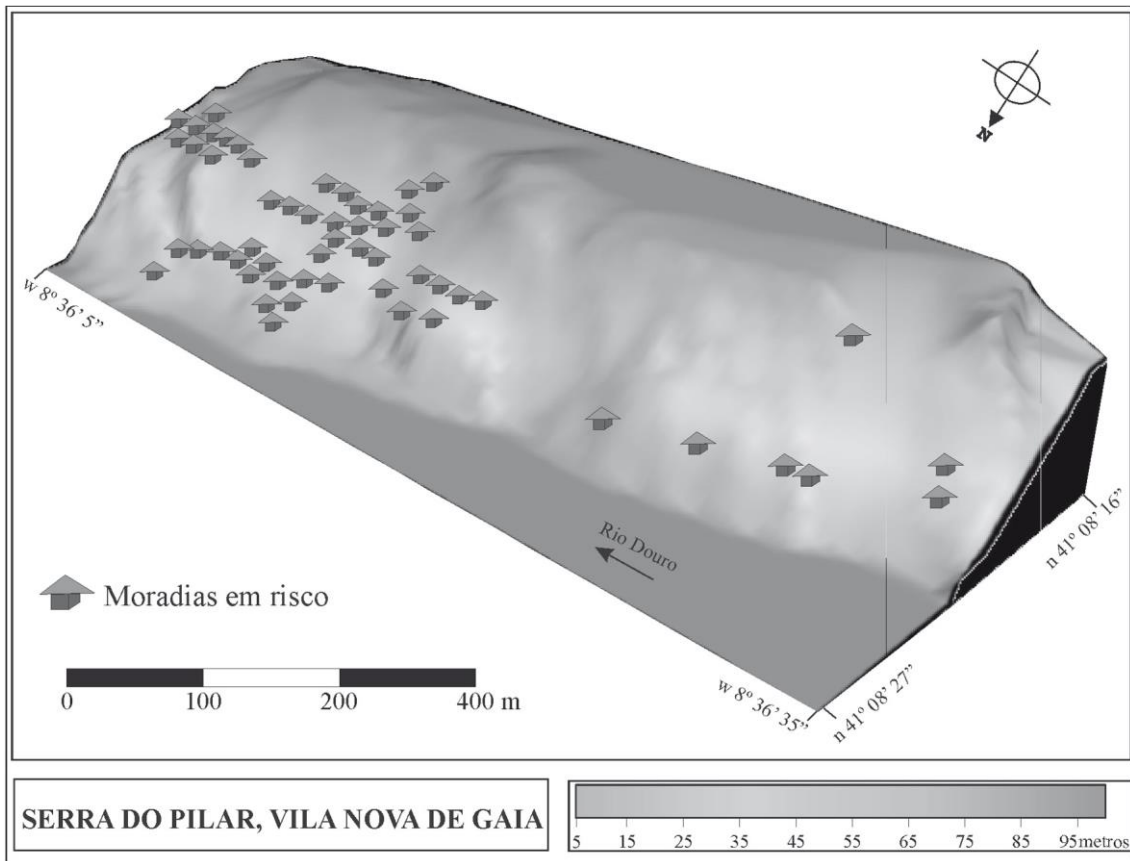


Figura 6 - Fotografia de frente onde pode-se observar uma porção côncava da encosta e as habitações ocupando diferentes patamares (Fonte: Trabalho de Campo, 2008).



O segundo componente da equação está relacionado às consequências. Problemas de mesma natureza e dimensão afetam de modo bem diferente uma parte da cidade formal de outra parte com ocupação precária, desorganizada espacialmente e desprovida de infraestrutura adequada.

Na área, as situações de risco grave ocorrem onde a densidade ocupacional é mais elevada. Essa situação tem uma relação de causa e efeito, pois quanto maior o número de moradias, maiores serão as consequências e maior o risco, uma vez que as perdas sociais e econômicas se tornam mais elevadas. O maior adensamento populacional também aumenta as modificações na vertente o que incrementa a susceptibilidade.

O último fator da equação é a **gestão do risco**. Ocorre uma diminuição dos riscos à medida que aumenta a gestão. Como observa Wenger (1978), o tipo de organização social pré-impacto exerce uma influência decisiva no grau de vulnerabilidade das populações a eventos naturais. As situações encontradas no contexto pós-desastres podem ser entendidas como extensão das condições organizativas e sociais vigentes na fase pré-desastre.

Na Serra do Pilar são conhecidos os riscos e, nas últimas décadas, conforme informações no Concelho, foram realizadas algumas ações no bairro, no âmbito do Programa Especial de Realojamento, como o calçamento de ruas. Em 2005, foi realizado o gradeamento de suporte na parte superior da escarpa com cerca de 50 metros e foram instalados coletores de lixo. Nos trabalhos de campo observou-se ao longo da escarpa de rocha a instabilização de parte do maciço através da pregagem ou ancoragens.

Ainda, conforme informações do município, existe um plano de emergência para a área. Entretanto, este plano é praticamente desconhecido pela população local. Além disso, a relação estabelecida entre o poder público e a comunidade não tem sido das melhores, especialmente devido à ilegalidade da ocupação. Dessa forma a população apresenta resistência ao desenvolvimento de trabalhos de pesquisa que avaliem as condições de risco na vertente.

Outra observação importante e preocupante é a falta da percepção do risco por parte das pessoas que vivem no local, baseada no fato do tempo que habitam a escarpa e o número de ocorrência de acidentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação homem-meio/sociedade-natureza é fundamental para a compreensão dos mecanismos de gestão e intervenção do território.

Desta maneira, é fundamental que os estudos considerem de forma mais sistemática os fatores sociais e tecnológicos ao lado dos elementos naturais, havendo uma abertura para o uso do conceito de vulnerabilidade associado às estruturas socioeconômicas e político-institucionais.

A escarpa da Serra do Pilar apresenta susceptibilidade principalmente associada ao forte declive incrementado devido a ocupação. As características da rocha e do solo/ alterito gerado permitem cortes subverticais sem originar um significativo plano de descontinuidade. Entretanto, o aumento das intervenções, sem planejamento, nas áreas onde o escoamento é concentrado pode levar à indução de movimentos na vertente.

A falta de um trabalho organizado com a comunidade onde seja possível discutir formas de convivência com risco e estabelecer condições mais organizadas de ocupação com regras para as construções e intervenções, além da baixa percepção da população face ao risco são fatores que incrementam o desenvolvimento de processos individuais ou de massa nesta vertente.

O controle da drenagem pluvial precário e a continuidade de construções sem um planejamento e reorganização do espaço adequado são situações que levam a um aumento dos conflitos em curto período.

É necessário a execução de um plano de intervenções estruturais voltado para a redução ou a erradicação dos riscos concomitante com uma discussão com a comunidade, buscando uma organização comunitária participativa nos projetos de monitoração permanente e prevenção de acidentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & graphics**, 20: (3) 395- 403, May-Jun 1996.

CARVALHO, C. S; GALVÃO, T (org). Ministério das Cidades/ Cities Alliance. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: Guia para elaboração de políticas municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 111 p.

INPE. SPRING: **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 18 dez. 2008.

GOLDEN SOFTWARE INC. **Surfer 8.0 for Windows**. User,s Guide. 2002. 340 p.

GOOGLE. **Google Earth**, Version 4.0.1693 (beta). 2006. USA.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

MATOS, F. L. de. A construção clandestina em Vila nova de gaia – O caso dos bairros do Picão e da Madalena Nascente. **Revista da Faculdade de Letras – Geografia** – I Série, Vol.VI, Porto, 1990. p. 149-280.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais**. Brasília, 2006. cap. 3.

NORONHA, F. **Geologia, Tectónica, Geomorfologia e Sismicidade da Cidade do Porto**. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências - Universidade do Porto. carta geotécnica do porto – WORKSHOP – Maio, 2005.

OGURA, A.; MACEDO, E. S. Procesos y riesgos geologicos. In: **II Curso internacional de aspectos geologicos de proteccion ambiental**. 2002. Disponível em: <<http://www.unesco.org.uy/geo/campinaspdf/9procesos.pdf>> Acesso em: 9 jun. 2009.

SANTOS, M. Tendências da urbanização brasileira do século xx. In CARLOS, Ana F.A. (Org.) **Os caminhos da reflexão sobre a cidade e o urbano**. São Paulo: 2 ed., 1994., 342 p.

WENGER, D. Community response to disaster: functional and structural alterations. In: QUARENTELLI, E.L. (org) **Disaster: theory and research**. Sage, NY, 1978. p.17-47.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Tradução: Dílson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. p. 11-38.

DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS ENTRE OS ANOS DE 1986 A 1991

Vanessa Aline Peretti; Andréa Valli Nummer

<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1858>

Resumo: No Brasil, os fatores que potencializam a ocorrência de desastres naturais estão relacionados ao uso impróprio dos recursos naturais como o desmatamento e a ocupação de áreas com maior suscetibilidade natural. Dentro deste contexto, o presente trabalho, tem por objetivo fazer um inventário dos desastres naturais adversos que ocorreram no município de Erechim/RS, entre o período de 1986 a 1991, qualificando e atualizando as informações já existentes com base em informações obtidas da Defesa Civil do município e do jornal de circulação local. Como objetivos específicos pretende-se identificar as áreas em que os mesmos ocorreram; quantificar os desastres ocorridos e identificar o evento causador de desastres mais comum; avaliar a época do ano em que houve maior número de ocorrências e os bairros e distritos que foram mais afetados pelos desastres naturais. Para a elaboração e execução deste trabalho foram realizadas as seguintes atividades: levantamento bibliográfico referente ao tema em questão, de informações básicas sobre a área de estudo e a obtenção de dados que serão utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, ou seja, o levantamento das ocorrências de desastres naturais no município de Erechim; levantamento dos dados a respeito das ocorrências de desastres naturais, baseando-se nos arquivos da Defesa Civil e do jornal local; montagem de banco de dados para a organização das informações coletadas e para que a análise possa ser feita individualmente possibilitando a correlação dos dados obtidos; trabalhos de campo em áreas que registrem maior número de ocorrências de desastres; produção de gráficos, tabelas, mapas, para que se possa fazer a interpretação dos dados coletados. A área de estudo em questão é o município de Erechim, localiza-se ao norte do estado do RS e possui 96.087 habitantes. Nesta perspectiva, o levantamento dos desastres torna-se uma importante ferramenta de planejamento de ações, liberação de recursos e preparação de equipes para o enfrentamento de situações adversas, reduzindo os efeitos dos mesmos.

Palavras-chaves: Desastres naturais, áreas de risco, população, Erechim/RS.

Abstract: In Brazil, the factors which increase the occurrence of natural disasters are related to the misuse of natural resources such as deforestation and occupation of areas with greater natural susceptibility. Within this context, this work aims to make an inventory of adverse natural disasters that occurred in the city of Erechim / RS, from the period 1986 to 1991, qualifying and upgrading the existing information based on information obtained from the Civil Defense the municipality and the local circulation newspaper. The specific objectives intended to identify areas in which they occurred; quantify the disaster occurred and identify the event causing the most common disaster, assess the time of year when there were greater numbers of occurrences and the neighborhoods and districts that were most affected by natural disasters. For the preparation and execution of this work were performed the following activities: literature on the topic in question, the basic information about the area of study and obtain data that will be used to develop the research, namely the lifting of occurrences of natural disasters in the municipality of Erechim; collect data about the occurrences of natural disasters, based on the files of the Civil Defense and the local newspaper; assembly of database for the organization of information collected and the analysis can be made individually enabling the correlation of data, field work in areas that register highest number of occurrences of disasters, produce graphs, tables, maps, so you can make interpretation of the data collected. The study area in question is the city of Erechim, located north of the RS and has 96,087 inhabitants. In this perspective, the study of disasters becomes an important tool for action planning, release of funds and preparation of teams to face adverse situations, reducing their effects.

Keywords: Natural disasters, risk areas, population, Erechim / RS.

INTRODUÇÃO

Vive-se em paisagens cada vez mais povoadas, onde é comum áreas naturais transformarem-se em áreas urbanas cortadas por rodovias ou linhas de transmissão ou, ainda, deparar-se frente a edificações em vertentes inclinadas, em solos instáveis, em leitos de cheia, etc. Conforme Suguio (2008), todos os empreendimentos voltados para a vida do homem, que valoriza o aumento de riqueza em detrimento da conservação dos recursos naturais, sobrepõem-se aos espaços e arranjos antes formados pelos elementos naturais, interferindo, de maneira contundente, nas relações e dinâmicas antes estabelecidas.

Não há motivos para que os fenômenos que regem os ambientes naturais da superfície terrestre obedeçam às leis ou pensamentos do homem. Esses fenômenos seguem leis naturais físicas e as consequências indesejáveis da ação humana podem ser destruidoras, tanto para a natureza quanto para o próprio homem, o que tem se observado ao longo dos últimos anos em notícias de jornais tanto do Brasil quanto do mundo notícias sobre a ocorrência de desastres naturais com centenas de vítimas e milhares de casas destruídas, trazendo inúmeros danos e prejuízos e mostrando ao homem sua impotência diante das forças da natureza.

A definição para o tema desastres naturais, pode ser encontrada no Glossário de Defesa Civil, conforme Castro (1998, p.52) como sendo “o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.”

Para Amaral e Gutjahr (2011, p.20) desastre natural “é a ocorrência de um fenômeno natural que modifica a superfície terrestre que atinge áreas ou regiões habitadas, causando danos materiais e humanos”.

Os autores Tominaga, Santoro e Amaral afirmam que: “quando os fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos, passam a se chamar desastres naturais”. (2009, p.13).

A Região Sul do Brasil e os países do MERCOSUL, bem como a América do Sul têm sido severamente impactados por desastres naturais, principalmente a partir da década de 70, que resultou em grandes prejuízos econômicos, assim como num elevado número de vítimas fatais. A maioria dos desastres está associada às instabilidades severas que causam entre outros, inundações,

escorregamentos, vendavais, tornados e aos períodos de déficit hídrico caracterizados pelas estiagens. Além dos fatores, sócio-econômicos acredita-se que este aumento no registro de número de desastres naturais também pode estar diretamente vinculado às alterações do clima por decorrência das mudanças globais. (SAUSEN, 2008).

A maioria dos órgãos e instituições envolvidos com desastres naturais tem observado que o dano causado por estes fenômenos muitas vezes poderia ser prevenido, reduzido ou minimizado, se a população em geral, os tomadores de decisão, os formadores de políticas e os formadores de opinião tivessem a correta noção do que são estes eventos. Para Sausen (2008), muitas vezes a população e os tomadores de decisão confundem furacão com tornado, alagamento com enchente, etc. Esta falta de informação e a falta da correta definição de cada um dos fenômenos em muitos casos atrapalha a ação das autoridades, dos órgãos de defesa civil e levam a população a minimizar seus efeitos.

Os Desastres Naturais constituem um tema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, independentemente destas residirem ou não em áreas de risco. Ainda que em um primeiro momento o termo nos leve a associá-lo com terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, os Desastres Naturais contemplam, também, processos e fenômenos mais localizados tais como deslizamentos, inundações, subsidências e erosão, que podem ocorrer naturalmente ou induzidos pelo homem. (TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009).

Reckziegel (2005) em levantamento dos eventos adversos que ocorreram no Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1980 a 2005, baseando-se em dados da Defesa Civil e do jornal Zero Hora, um jornal de circulação estadual, apontou os municípios de Alegrete e São Borja como os de maior ocorrência de desastres causados por enchentes; Porto Alegre, Rio Grande e Pelotas com o maior número de enxurradas; Porto Alegre e Santa Maria com o maior número de ocorrências de vendavais. Os municípios com maior número de desastres causados por eventos de precipitação de granizo neste período foram, Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, Já no município de Uruguaiana foi onde ocorreu o maior número de registros de estiagem seguido por Bagé, Santo Ângelo e Cruz Alta.

Para o município de Erechim, situado no norte do estado do Rio Grande do Sul, no período de 1986 a 2005, Reckziegel (2005) apontou 20 episódios de granizo, 11 de estiagem, 4 de enxurradas, 2 de enchentes, um de deslizamento, 12 de vendaval e 4 de vendaval acompanhado de granizo. Por ser o segundo município mais populoso da região norte do estado e contribuir de maneira significativa para a economia da região busca-se fazer um inventário dos desastres naturais adversos que ocorreram no em Erechim entre o período de 1986 a 2011, qualificando e atualizando as informações já existentes, utilizando dados obtidos da Defesa Civil do município e do jornal Voz Regional, de circulação local. Com estas informações será elaborado um banco de dados utilizado para identificar e quantificar os desastres que ocorreram, avaliar a época do ano em que houve maior número de ocorrências e os bairros e distritos que foram mais afetados. Neste artigo serão apresentados os dados preliminares desta pesquisa referentes ao período de 1986 a 1991.

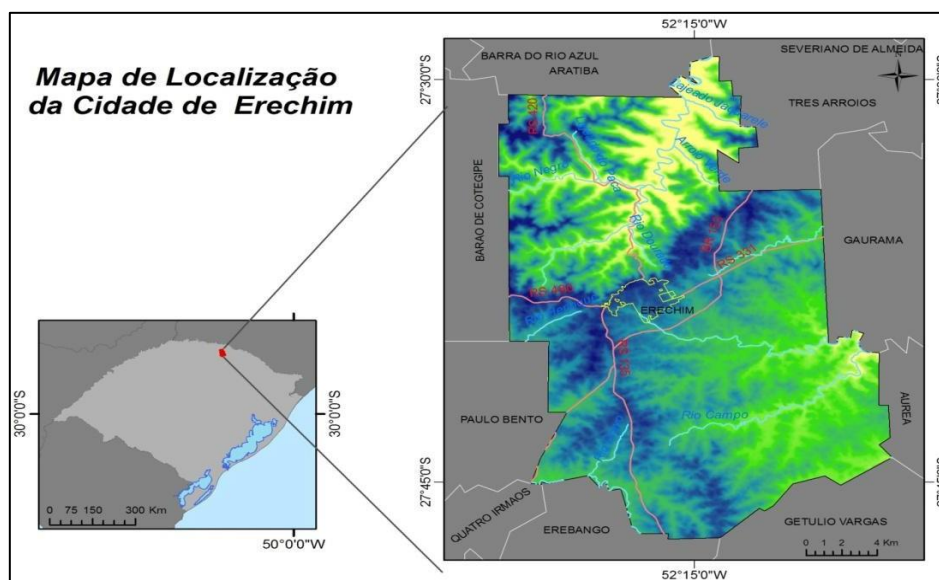
Sabe-se que os estudos que identificam as áreas mais suscetíveis a estes desastres e suas prováveis causas são de fundamental importância para previsão de acidentes. Desta forma, este trabalho poderá auxiliar na definição de prioridades e tomadas de decisões ligadas a trabalhos de prevenção de desastres e de direcionamento de recursos para os locais mais afetados.

Para a elaboração deste trabalho foram realizadas as seguintes atividades: a) Levantamento bibliográfico referente ao tema Desastres Naturais, área de estudo e desastres naturais que ocorreram no município no período de 1986 a 2011) b) Pesquisa sobre a ocorrências de desastres naturais, baseada nos arquivos da Defesa Civil e do jornal local Voz Regional para o período de 1986 a 1991- foco deste artigo; c) Montagem de banco de dados para a organização das informações coletadas possibilitando a correlação dos dados obtidos;d)- Produção de gráficos, tabelas e mapas que possibilitam a interpretação dos dados coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área de estudo em questão é o município de Erechim. Localiza-se na região norte do Rio Grande do Sul, na região do Alto Uruguai e na microrregião de Erechim. Tem como limites ao norte os municípios de Aratiba e Três Arroios, ao sul Getúlio Vargas e Erebangó, ao leste Gaurama e Áurea e ao oeste os

municípios de Paulo Bento e Barão de Cotegipe. O município está localizado a cerca de 360 km da capital do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, sendo 330 em distância rodoviária. A latitude da cidade é de 27° 38´3" Sul e a longitude 52° 16´ 26" Oeste.



Fonte: Laboratório de Geologia Ambiental - UFSM

Considerada um centro sub-regional no país, é a segunda cidade mais populosa do norte do estado com 96.087 habitantes, estimativa do IBGE para 2010, superada apenas pelo município de Passo Fundo. O município estava, em 2007, (censo IBGE) na 17ª posição do PIB no estado do Rio Grande do Sul.

O município localiza-se sobre a cordilheira da Serra Geral. O significado de Erechim, termo de origem caingangue, é "campo pequeno", nome esse dado provavelmente por a cidade ser rodeada de florestas na época.

Erechim foi uma das primeiras cidades brasileiras moderna planejada. O planejamento viário da cidade fora inspirado em conceitos urbanísticos usados nos traçados de Washington (1791) e Paris (1850), caracterizava-se por ruas muito largas, forte hierarquização e criação, através de ruas diagonais ao xadrez básico, de pontos de convergência. Elementos chaves do seu traçado incluem uma malha perpendicular de ruas cortadas por avenidas em diagonal, quarteirões de dimensões regulares e uma avenida em torno de seu perímetro.

O município de Erechim pertence a zona climática designada pela letra C. Tal tipo climático se caracteriza por ser um clima subtropical úmido. Os meses que registram as maiores temperaturas na cidade são janeiro, fevereiro e

dezembro, com média de 28°C; e os que registram as menores são junho e julho, com média de 8°C. Erechim sofre variações de temperatura na troca das quatro estações, mas nunca registrou-se frio ou calor demasiado. A precipitação de neve não é rara, já ocorreu nos anos de:1918, 1942, 1956, 1957, 1965, 1990, 2001. A cidade do norte gaúcho está entre as 20 cidades mais frias do sul do Brasil.

A economia erechinense baseia-se principalmente no setor industrial. No entanto, a atividade que é menos representada. A do setor primário, é de grande importância pela diversidade de sua produção.

De acordo com o Comitê de Gerenciamento de bacias hidrográficas, Apuaê-Inhandava, Erechim pertence a Bacia do Rio Uruguai, apresentando trechos de planalto e outros de planície. Seu rio principal, o Uruguai, nasce na Serra do Mar, no Brasil, servindo de fronteira entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, entre o Brasil e Argentina, e entre Argentina e Uruguai, e desemboca no estuário do Rio da Prata.

Atualizando as informações apresentadas por Reckziegel (2005), baseando-se nos dados do jornal Voz Regional e da defesa civil do município de Erechim, entre o período de 1986 a 1991, foram encontrados no ano de 1986, entre os meses de novembro de 1985 a março de 1986 um episódio de estiagem e um de granizo. Em 1987, nos meses de fevereiro a março, estiagem, bem como, no mês de maio, vendaval e granizo. No ano seguinte, em 1988, foi registrado estiagem entre os meses de dezembro de 1987 a setembro de 1988, uma enxurrada no mês de maio e dois episódios de vendaval, sendo um no mês de setembro e outro em novembro. Para o ano de 1989, foram encontrados dois episódios de vendaval acompanhado de granizo, nos respectivos meses de janeiro e novembro e dois de vendaval, sendo um no mês de setembro e outro em outubro. Em 1990, ocorreu um episódio de granizo e um de enchente, registrada no mês de maio. No ano de 1991, registrou-se dois vendavais, um no mês de janeiro e outro em junho, estiagem nos meses de dezembro de 1990 a março de 1991 e um episódio de granizo.

Os episódios de estiagem registrados nos anos de 1986, 1987, 1988 e 1991, abalaram não somente Erechim, mas como boa parte dos municípios do estado, principalmente os da região norte e nordeste do RS. Açudes, barragens e arroios secaram, prejudicando fortemente a pecuária e o abastecimento de

água, sendo implantado regime de racionamento da mesma. Houve prejuízos na agricultura e na pecuária. As culturas tiveram quebra significativa em decorrência da estiagem.

Os vendavais dos anos de 1987, 1989 e 1991, danificaram muitas casas e algumas foram completamente destruídas, deixando pessoas desabrigadas e vítimas fatais em municípios vizinhos. O prejuízo registrou-se também na agricultura, onde lavouras ficaram arrasadas.

Os registros de granizo em 1986, 1987, 1988, 1990 e 1991, bem como, o de vendaval acompanhado de granizo em 1989, apresentaram danos significativos nas lavouras e em muitas moradias.

A enchente do ano de 1990, ocasionada pelo transbordamento do Rio Uruguai, deixou muitas famílias desabrigadas, principalmente as que moravam próximo as suas margens.

CONCLUSÃO

A busca por dados de desastres tornou-se uma das principais prioridades. Mas, tão importante quanto os novos dados é conhecer a consistência dos já existentes, visto que “estão sendo utilizados pelos tomadores de decisão no gerenciamento das medidas de mitigação e prevenção em desastres naturais.” (MARCELINO, NUNES E KOBIYAMA, 2006 p.130). Além disso, o aumento da frequência e da magnitude das catástrofes, também demonstra a fragilidade do poder público em ações ligadas ao processo de redução da vulnerabilidade social e da ocupação de áreas sujeitas aos processos responsáveis pela ocorrência de desastres, especialmente no espaço urbano. Nesta perspectiva, o levantamento dos desastres torna-se uma importante ferramenta de planejamento de ações, liberação de recursos e preparação de equipes para o enfrentamento de situações adversas, reduzindo os efeitos dos mesmos.

Estudos que identifiquem as áreas mais suscetíveis a estes desastres e suas prováveis causas são de fundamental importância para previsão de acidentes, além de auxiliar na definição de prioridades e tomadas de decisões ligadas a trabalhos de prevenção de desastres e de direcionamento de recursos para os locais mais afetados.

Para finalizar, espera-se com o presente trabalho que se possa contribuir para as ações de prevenção e mitigação de desastres causados por eventos

naturais adversos no município de Erechim, fornecendo subsídios ao setor administrativo e especialmente a Defesa Civil.

REFERÊNCIAS:

AMARAL, Rosângela do; GUTJAHR, Mirian Ramos. **Desastres Naturais**. São Paulo: Instituto Geológico, 2011.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

COMITÊ APUAÊ-INHANDAVA. Disponível em: <http://www.comiteapuae.com.br>. Acesso em 10/01/2012.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10/01/2012.

MARCELINO, Vieira Emerson; NUNES, Hidalgo Lucí; KOBAYAMA, Masato. **Banco de Dados de Desastres Naturais: Análise de Dados Globais e Regionais**. Caminhos de Geografia, v.6, n. 19, p.130-149, set.2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Disponível em: <http://www.pmerechim.rs.gov.br>. Acesso em 10/01/2012.

RECKZIEGEL, Bernardete Weber. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, UFSM, Santa Maria-RS.

SAUSEN, Tânia Maria. **Desastres Naturais e Geotecnologias**. Santa Maria: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 2008.

SUGUIO, K. **Mudanças Ambientais da Terra**. São Paulo: Instituto Geológico, 2008. TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

EXPANSÃO URBANA E O PERIGO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO EM RIO GRANDE/RS

Jefferson Ferreira Ferreira; Luís Eduardo de Souza Robaina

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/7681>

Resumo: Os desastres por inundações urbanas têm se intensificado e se tornado mais frequentes a cada ano e não se caracterizam simplesmente pela ocorrência de um fenômeno natural adverso, mas por seu efeito sobre um cenário social vulnerável. O município de Rio Grande (RS) foi fundado em 1737 sobre um estreito pontal arenoso no estuário da Lagoa dos Patos, escoadouro de um sistema hidrográfico que drena mais de metade do estado do Rio Grande do Sul e onde o nível d'água é controlado pela interação entre o regime de ventos e a descarga fluvial. A industrialização que marca as características socioeconômicas do município é acompanhada por um expressivo aumento demográfico que aliado à carência de habitações de interesse social acessíveis gera um crescente avanço de ocupações sem infraestrutura e muito vulneráveis a processos de inundações na cidade de Rio Grande.

Palavras-chave: Expansão urbana. Inundação. Risco.

L'EXPANSION URBAINE ET LE DANGER DES CATASTROPHES PAR LES INONDATIONS AU RIO GRANDE/RS

Résumé: Des catastrophes naturelles par les inondations au milieu urbain se sont intensifiées et deviennent plus fréquentes chaque année. La catastrophe n'est pas la simple survenance d'un phénomène naturel adverse, mais son effet sur une scène sociale vulnérable. La municipalité de Rio Grande (RS) a été fondée en 1737 sur une étroite langue de sable à l'estuaire de la Lagoa dos Patos, exutoire d'un système hydrographique qui draine plus de la moitié de l'État du Rio Grande do Sul et où le niveau d'eau est contrôlé par l'interaction entre des vents et le débit des rivières. La industrialisation qui marque les caractéristiques socio-économiques de la municipalité est exprimée par un augmenté démographique qui du au manque de logements d'intérêt sociaux accessibles, engendrent une avance des occupations sans infrastructure et très vulnérables à des proces de inondations dans la ville de Rio Grande.

Mots clé: Expansion urbaine. Inondation. Risque.

INTRODUÇÃO

As inundações têm provocado importantes prejuízos econômicos e perda de vidas em todo o mundo. De acordo com a ANA² (2010), os desastres relacionados às inundações urbanas no Brasil têm se intensificado e se tornado mais frequentes a cada ano.

Segundo Castro (2003, p.35), as inundações podem ser divididas em quatro tipos, tendo como parâmetro sua evolução: inundações graduais (ou enchentes); inundações bruscas (ou enxurradas); alagamentos causados pela dificuldade de escoamento; e inundações litorâneas provocadas pela invasão do mar. As inundações são geralmente causadas por precipitações pluviométricas intensas e/ou de grande volume, mas também podem ser produto de outros fatores agravantes e/ou desencadeadores, como a elevação do leito de corpos

² <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/inundacoes.asp>. Acesso em 09/04/2010.

d'água por assoreamento, a redução da capacidade de infiltração do solo por compactação ou impermeabilização, a saturação do lençol freático ou a ação intensa do vento sobre águas costeiras empilhando a água sobre a costa.

Este trabalho apresenta uma discussão sobre a expansão urbana e sua relação com os processos de inundação que afetam o município de Rio Grande, no sul do Rio Grande do Sul, entre os paralelos 31°47'02" e 32°39'45" de latitude sul e os meridianos 52°03'10" e 52°44'10" de longitude a oeste de Greenwich. Com uma área de 2.814 km² e uma população de 197.253 habitantes, é o município de maior taxa de urbanização (96,07%) da metade sul do estado (IBGE, 2010).

A área de estudo foi delimitada como sendo o pontal do Rio Grande, sede da cidade e núcleo principal da área urbana legal, aqui tratada como sítio urbano ou pontal do Rio Grande. O sítio urbano de Rio Grande assenta-se sobre um estreito pontal arenoso de orientação geral NE-SW no estuário Lagoa dos Patos (Figura 1). Conforme Vieira e Rangel (1988, p.15) seu território compreende terras baixas de restinga, a sudoeste do estuário, formadas por terrenos recentes predominantemente arenosos. A maior cota altimétrica, excetuando-se as elevações dunares, fica a apenas 5 metros acima do nível do mar. Possui uma rede hidrográfica interna, formada por lagoas e arroios, com muitos banhados permanentes e temporários.

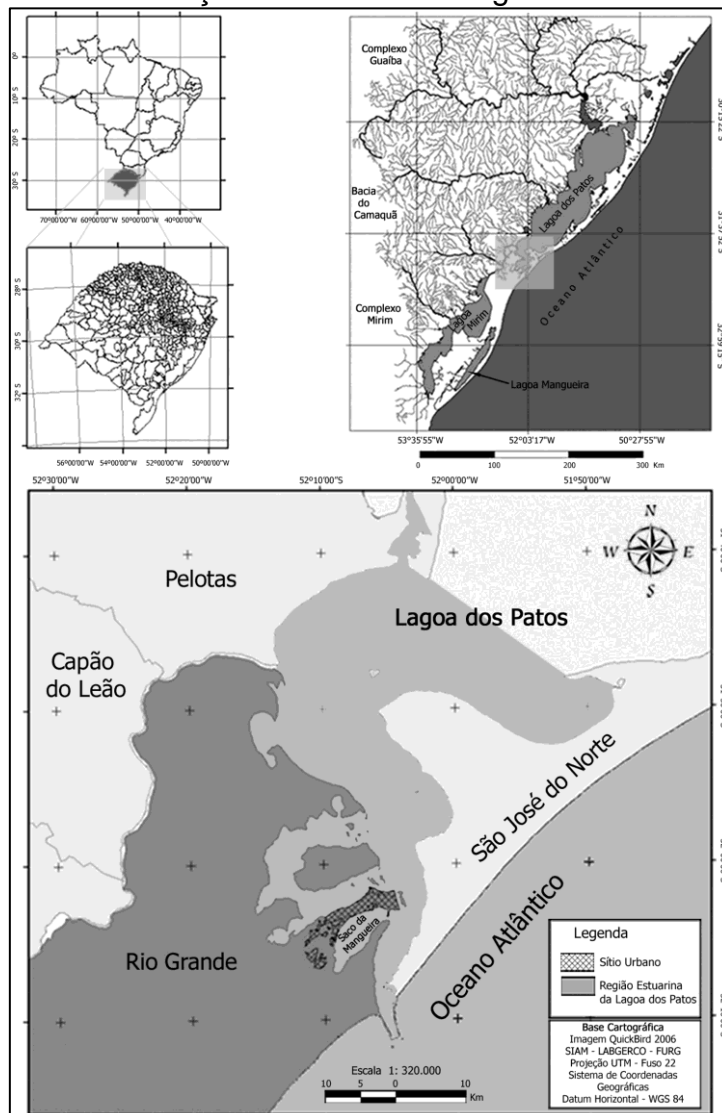
A cidade do Rio Grande é margeada pela Lagoa dos Patos, que é o escoadouro natural de um sistema hidrográfico que abrange mais de metade do Estado do Rio Grande do Sul e onde os ventos agem paralelamente à orientação da costa e ao eixo da laguna, controlando, juntamente com a descarga fluvial, a circulação estuarina e as trocas de águas com a região costeira adjacente (MÖLLER; FERNANDES, 2010, p.17).

As direções de vento mais frequentes são de NE e SW, sendo que a direção predominante durante o ano é a de NE (22,3%), principalmente de setembro a abril. Já nos meses de outono e inverno, associados ao aumento da frequência de passagem de sistemas frontais, os ventos de sul, sobretudo de SW (13,5%), começam a ser mais significantes (TOMAZELLI, 1993, p. 20).

A resposta das águas da laguna à ação do vento NE é o empilhamento de água na parte sul (região de Rio Grande), causando uma elevação no nível do estuário. No oceano adjacente, o vento NE empurra as águas costeiras em

direção ao oceano (na direção perpendicular para esquerda à direção do vento), causando uma depressão no nível d'água da região costeira. Essa diferença de nível entre o estuário (mais alto) e o oceano adjacente (mais baixo) gera uma pressão responsável pelo regime de vazante da laguna. Já em relação à ação do vento SW, a resposta hidrodinâmica é oposta à encontrada sob o vento NE. O vento SW causa uma depressão no nível d'água do estuário. No oceano adjacente, o transporte leva a um empilhamento de água na costa. Mais uma vez a diferença de elevação da superfície, e a pressão hidráulica resultante desse fenômeno, são responsáveis, agora, pelo regime de enchente e, conseqüentemente, aumento gradativo do nível no interior da Lagoa dos Patos enquanto perdurarem tais condições (CASTELÃO; MÖLLER, 2003, p.95-105).

Figura 1 - Localização do estuário da Lagoa dos Patos e do sítio urbano de Rio Grande em relação ao sistema hidrográfico Patos-Mirim



Eventualmente, a associação de altas descargas fluviais das principais bacias contribuintes do sistema Patos-Mirim com fortes ventos do quadrante sul são responsáveis por inundações sem haja precipitação local, como nos desastres de outubro de 2001 e junho de 1992. A situação geográfica do pontal do Rio Grande lhe atribui uma característica bastante particular no que se refere à dinâmica das inundações, sendo as condições eólicas um parâmetro importante em sua explicação.

Além disso, as baixas altitudes do município, o lençol freático muito próximo da superfície e a posição de seu sítio urbano, notadamente plano, sobre um estreito pontal arenoso no estuário da Lagoa dos Patos, somado aos "pulsos" periódicos de crescimento populacional e ocupação do território sem o devido planejamento, vêm recentemente tornando mais assíduos e graves os acidentes por inundação no sítio urbano. Dessa forma, este trabalho apresenta uma análise espaço-temporal dos desastres por inundações no sítio urbano do município em um período de 29 anos, determinando os locais que apresentam maior perigo de ocorrência desse tipo de acidente.

METODOLOGIA

Os trabalhos iniciaram a partir de um levantamento de dados referentes aos desastres por inundação no município Rio Grande no período de 1980 a 2005 no trabalho de Reckziegel (2007). Então os dados foram qualificados, refinados e estendidos através de uma pesquisa do histórico de desastres por inundação nos arquivos do jornal de maior circulação local (Jornal Agora) e junto à Secretaria da Defesa Civil do município, estendendo o período de dados até 31 de julho de 2009 e obtendo-se um período de 29 anos de informações históricas de desastres no município.

Em função de sua crescente utilização na literatura brasileira, os termos perigo e área de perigo foram empregados para designar áreas de potencial ocorrência de desastres por inundação em locais com significativo histórico desse tipo de evento - em detrimento do termo risco, que designaria uma expressão probabilística em termos de danos (ROBAINA, 2008, p.102; CERRI; AMARAL, 1998, p.301; CARVALHO, 1998, p.56; BRASIL/IPT, 2004, p.47).

A vulnerabilidade expressa a fragilidade social das comunidades frente aos desastres, relativamente às infraestruturas urbanas e condições socioeconômicas observadas em campo; é, portanto, uma característica inerente aos processos sociais e históricos (CARDONA, 2001, p.7; ROBAINA, 2008, p.103).

O mapa de perigo foi preparado com as imagens orbitais georreferenciadas do sensor remoto QuickBird de 2006 e do Mapa Urbano Base (MUB) na escala 1:5000, fornecidos pela Prefeitura Municipal do Rio Grande; e do SIAM - Sistema de Informações Ambientais, um SIG elaborado pela equipe do LABGERCO/IO/FURG (Laboratório de Gerenciamento Costeiro do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande). Para a confecção do mapa de perigo, foi utilizado o programa ArcGIS 10, onde foram espacializadas as áreas de maior perigo aos desastres por inundação.

Para análise dos dados, o pontal do Rio Grande foi dividido em três setores: a margem norte, na orla do corpo principal da Lagoa dos Patos; a margem sul, na orla do Saco da Mangueira; e o interior do pontal, que é a porção fora da influência direta da orla, longe da invasão das águas durante eventos naturais adversos. Essa divisão se justifica em função das diferentes dinâmicas naturais atuantes, que refletirão na magnitude, frequência e tipologia das inundações.

Os trabalhos de campo foram realizados nas áreas que apresentaram histórico de desastres, a fim de observar as condições de ocupação e infraestrutura e fazer um registro fotográfico. Foram visitados 40 pontos distribuídos pelas margens norte e sul e pela porção mais interna do pontal, sendo 17 pontos na margem norte, 13 na margem sul e 10 nos bairros situados fora das margens.

Em todos os bairros visitados foram estabelecidas entrevistas informais com os residentes mais antigos e comerciantes locais de forma a complementar as informações acerca da recorrência dos acidentes por inundação e delimitar locais e limites de abrangência dos alagamentos/enchentes/enxurradas.

O mapa final, na escala 1:200.000 que identifica as áreas de perigo de inundações no pontal do Rio Grande, foi confeccionado através da integração dos dados e informações referentes ao histórico dos desastres e dos levantamentos realizados em campo.

O Processo de Ocupação do Sítio Urbano

O assentamento urbano da cidade do Rio Grande teve início com a construção do Forte Jesus-Maria-José em 19 de Fevereiro de 1737 a fim de atender objetivos geoestratégicos da coroa portuguesa como ponto de apoio militar entre Laguna (atual estado de Santa Catarina, Brasil) e Colônia de Sacramento (Uruguai). Este Forte gerou ao seu redor uma pequena aglomeração populacional - denominada na época de Povoação do Porto.

O contexto geomorfológico natural encontrado pelos portugueses era constituído por extensas áreas de modelado eólico inconsolidado, franjeado por marismas - ecossistemas costeiros intermareais irregularmente inundados e dominados por gramíneas halófitas emersas - o que representava um entrave à ocupação (TELLES, 2001, p.154-155).

Através dos séculos, as necessidades do desenvolvimento econômico e portuário foram progressivamente vencendo as condições desfavoráveis de sítio por meio de amplos aterros sobre as áreas alagadiças e da completa remoção das dunas existentes. Atualmente o pontal do Rio Grande encontra-se totalmente ocupado, inclusive intensivamente sobre suas margens, o que, associado ao terreno plano e à deficiência da drenagem urbana, confere-lhe extensas situações de perigo à inundação.

O primeiro registro em planta, datado de 1767, mostra que o assentamento urbano assume uma forma linear acompanhando a margem norte do pontal, onde se situava o porto, com a igreja matriz em seu centro e com Forte ocupando posição privilegiada (Figura 2).

Até meados de 1780, a então Vila do Rio Grande de São Pedro, permaneceria atendendo exclusivamente às demandas militares da coroa. A partir de 1780, em face da expansão da produção do charque na região³, houve um acentuado crescimento urbano. A dragagem junto ao cais e a construção do porto em 1823 permitiram receber navios com mais de 200 toneladas. É aí que se define a vocação do município para uma economia intrinsecamente urbana.

³ Até 1780 a agropecuária era de subsistência, estando Rio Grande totalmente dependente do abastecimento do mercado externo. A criação de animais limitava-se a mulas e cavalos, indispensáveis para o intercâmbio e comércio. A partir desta data, as atividades portuárias intensificaram-se devido a perda da Colônia do Sacramento e ao início do ciclo econômico do charque no Rio Grande do Sul, cuja produção viria a escoar por Rio Grande.

Em 1829 foi elaborada a primeira planta que mostra o sítio urbano em maiores detalhes (Figura 3). Através dela é possível verificar a dificuldade de crescimento urbano em direção ao sul pela existência de dunas, e, ao leste, pela presença de marismas. Porém, o posterior crescimento da cidade nessas direções, até 1869⁴, sugere que as dunas foram usadas, num primeiro momento, para ampliar as margens ao norte em função dos melhoramentos no antigo porto e para aterrar os chamados "baixios", áreas inundáveis de marismas a leste e norte.

Figura 2 - Planta do assentamento urbano de Rio Grande em 1767

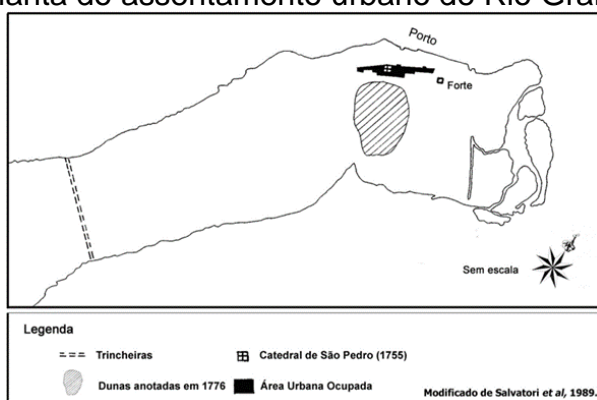
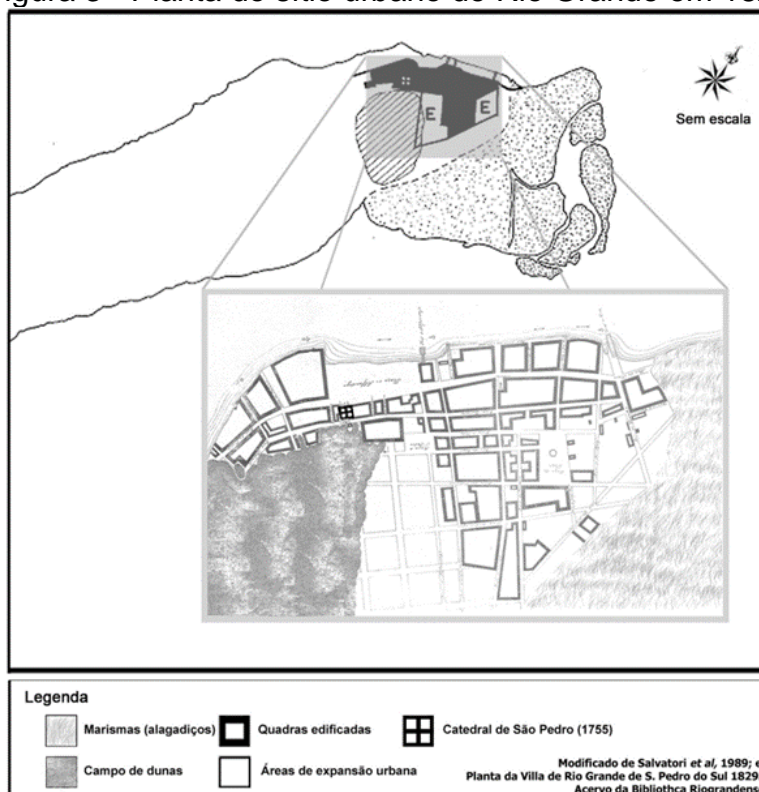


Figura 3 - Planta do sítio urbano de Rio Grande em 1829



⁴ Como pode ser visto na planta da cidade desta data em SALVATORI et al, 1989.

O primeiro período industrial ocorrido em Rio Grande (1874-1910) representou a formação de uma elite econômica e social para a cidade. Concomitantemente, um operariado de baixas condições econômicas habitava a zona urbana, inicialmente em cortiços (MARTINS; PIMENTA, 2004, p.89).

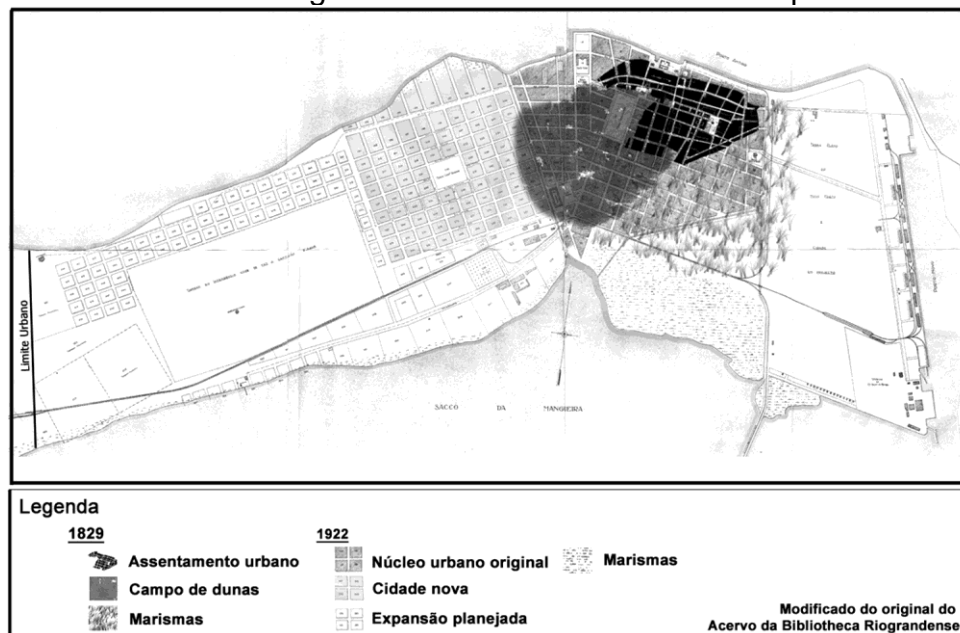
O impacto demográfico dessa industrialização se expressa pela duplicação da população, que apresentava 23.962 habitantes no ano de 1872, ainda em sua fase comercial, sendo que 39 anos depois, no censo municipal realizado em 1911, essa população quase dobra, atingindo 44.835 habitantes; a porcentagem de população urbana era superior a 58%, um índice expressivo para a época.

Ainda no século XIX, além da construção da linha férrea Rio Grande/Bagé, inaugurada em 1884, e da construção do cais do Porto Velho (1823), estabeleceram-se várias indústrias que criaram empregos e necessidades de melhoramento no porto e na barra - como é chamado o canal de navegação que dá acesso à laguna.

No final do século XIX teve início a execução de grandes projetos de melhoramento da barra e a construção do Porto Novo, no extremo leste do pontal. Ao comparar as plantas do município do Rio Grande de 1829 e de 1922 (Figura 4), é possível perceber a expressiva modificação nas condições geomorfológicas originais do pontal do Rio Grande em decorrência das obras realizadas para expansão urbana e portuária.

Os períodos de industrialização das décadas de 1920 e 50 propiciaram importantes fluxos migratórios que se traduziram em um incremento populacional muito significativo. A ampliação da área portuária em um grande terminal marítimo, com a construção do Superporto e do Distrito Industrial na década de 70, criou para Rio Grande a condição de pólo de desenvolvimento, o que exigiu mão-de-obra qualificada.

Figura 4 - Planta da cidade de Rio Grande de 1829 sobreposta à planta de 1922. Notar a grande área de aterros à leste do pontal



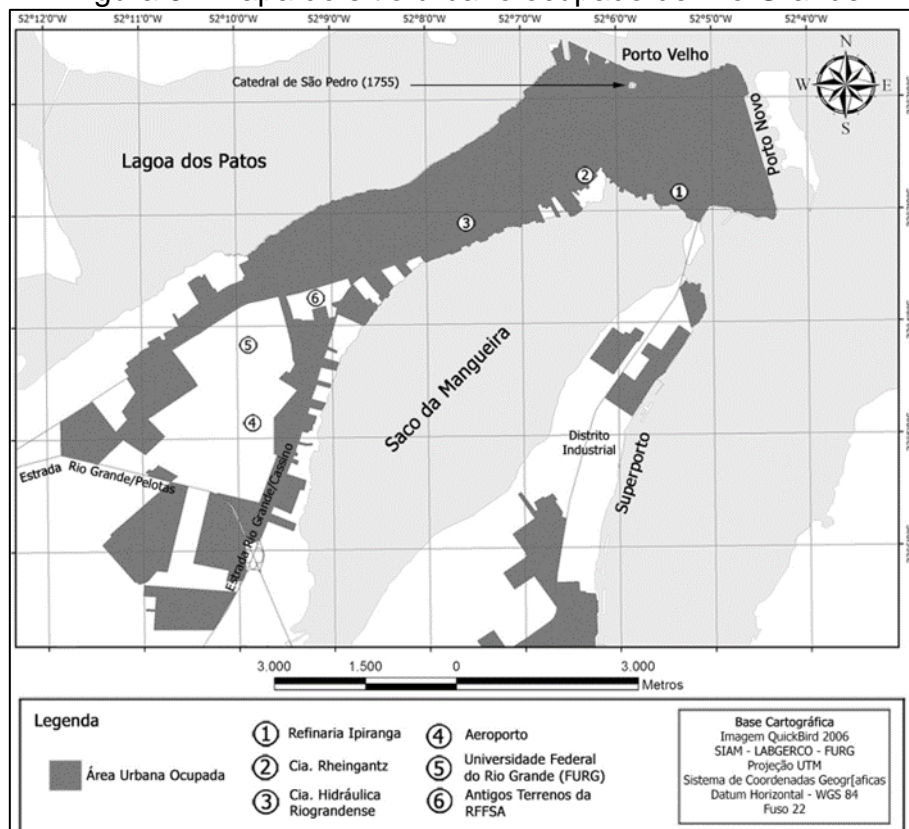
Outro fato importante deste período é aprovação do estatuto da Fundação Universidade do Rio Grande - FURG - e a aglutinação de seus cursos, que estavam dispersos pela cidade até 1971, para um terreno de 250 hectares cedido pela prefeitura à oeste do centro urbano. Nesta época são criadas algumas áreas habitacionais importantes, como os PROFILURB's e COHAB's, alguns deles fora da área urbana legal, através de legislação específica. (SALVATORI et al, 1989, p.43).

Com a extinção do Banco Nacional da Habitação, em 1986, e em meio à crise econômica dos anos 80, o setor de habitação no Brasil passou por um período de desarticulação e desestruturação. Em Rio Grande, ocorreu um aumento significativo de sub-habitações localizadas em áreas irregulares, pois a forma como se efetivavam os empreendimentos imobiliários tornou a moradia um bem quase inacessível para grande parte da população, resultando em um aprofundamento da segregação espacial na cidade (SOARES; AMARAL, 1997, p.57).

Atualmente, o pontal do Rio Grande encontra-se quase que totalmente ocupado (Figura 5). Apenas a oeste percebem-se dois vazios mais significativos onde a mancha urbana divide-se em duas ramificações que acompanham os dois principais acessos rodoviários à cidade, uma ao longo da Estrada Roberto Socoowski, ao norte, e uma ramificação ao sul, ao longo da rodovia Rio

Grande/Cassino, ambas caracterizadas por habitações de baixo padrão, salvo algumas poucas exceções. Entre essas duas ramificações de urbanização há três óbices urbanos: os terrenos do Aeroporto, da FURG e da antiga R.F.F.S.A.

Figura 5 - Mapa do sítio urbano ocupado de Rio Grande



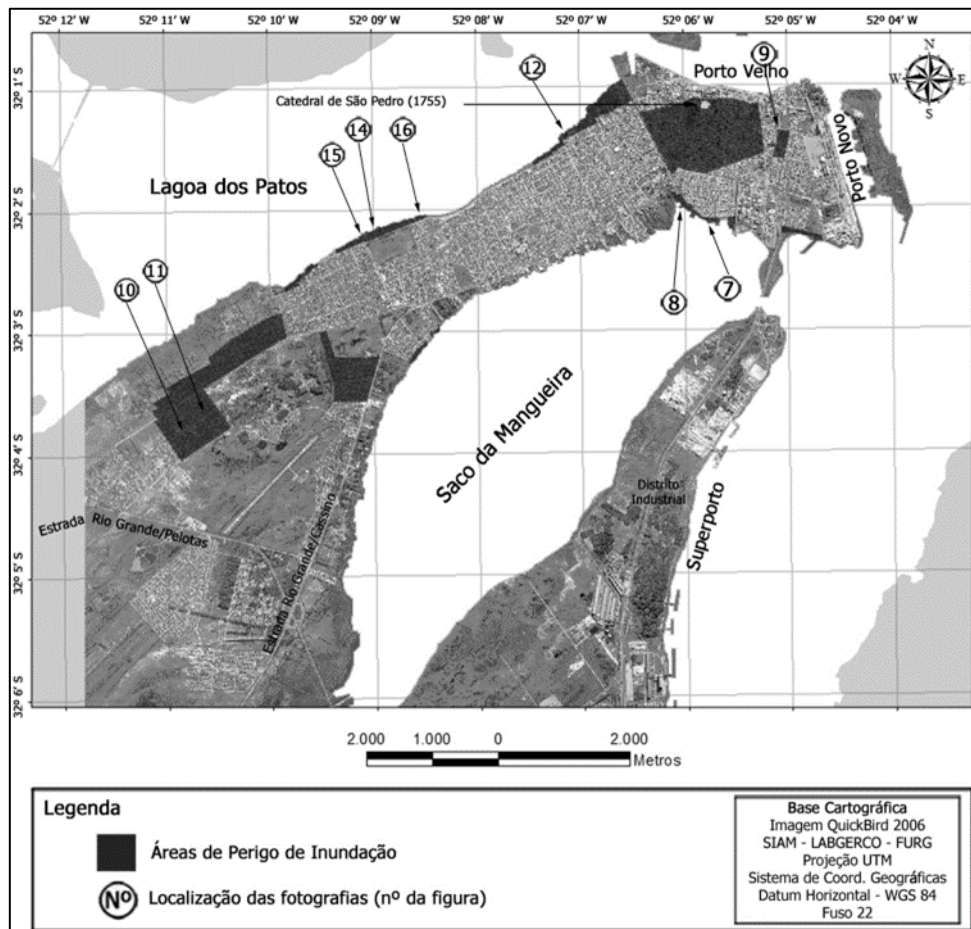
A Ocupação Urbana e e Perigo de Inundações

As condições geotécnicas do pontal arenoso onde se localiza o sítio urbano do Rio Grande, que acabaram por desencorajar a verticalização, associadas à sua configuração estreita e às condições socioeconômicas próprias de cada fase de sua urbanização, fizeram com que a cidade crescesse horizontalmente projetando-se sobre os corpos hídricos por meio de grandes quantidades de aterros. O resultado foi o estabelecimento de moradias em locais susceptíveis a eventos naturais adversos e o conseqüente perigo à inundação.

A figura 6 apresenta as áreas urbanas do município de Rio Grande identificadas como suscetíveis de serem afetadas por processos de inundação.

As áreas foram divididas em 3 setores identificados como: margem sul, interior do pontal e margem norte.

Figura 6 - Mapa das áreas de perigo à inundação no sítio urbano de Rio Grande



Margem Sul

A orla do Saco da Mangueira (denominação local da enseada marginal ao sul do pontal) e sua atual situação fundiária, urbanística e social é produto de um processo histórico dominado pelo interesse estatal e da indústria, e que culminou com a cidade voltada literalmente "de costas" para a enseada.

A ocupação urbana dessa orla tem início com a instalação da Cia União Fabril em 1874, indústria têxtil conhecida por Fábrica Rheingantz, juntamente com sua vila operária. Antes de sua instalação a cidade concentrava-se no entorno do porto (do atual Porto Velho), ao norte, sendo que a margem do Saco da Mangueira e a margem leste, onde hoje está instalado o Porto Novo, eram constituídas de áreas alagáveis de marismas. Assim, à custa de grandes quantidades de aterros, a orla foi progressivamente ocupada por outras indústrias, como o frigorífico norte-americano Swift do Brasil S/A (1917). Concomitantemente, constitui-se o primeiro núcleo de sub-habitações da cidade

nos terrenos destinados à ampliação do Porto Novo, a leste do pontal (vide figura 3) , onde hoje situa-se o Bairro Getúlio Vargas. Com a instalação da estatal Refinaria de Petróleo Ipiranga (1937) próximo à Swift, se acentua a imigração de pessoas que buscavam ocupar os postos de trabalho abertos - mas não suficientes -, fazendo engrossar as camadas socialmente desprovidas que já viviam nas periferias do Rio Grande.

Hoje, além de algumas indústrias, a margem sul é ocupada por uma variedade de estabelecimentos comerciais e condomínios residenciais verticais. Além disso, existe uma expressiva parcela da população que, sem condições de ocupar melhores terras urbanas, sitiou-se em locais suscetíveis a inundações.

A margem sul possui uma suscetibilidade natural aos processos desencadeadores de inundações, sendo, entretanto, relativamente menor que o restante do pontal em função do Saco da Mangueira ser uma enseada marginal semi-fechada onde a hidrodinâmica é reduzida. Os desastres por inundação na orla do Saco da Mangueira são caracterizados, de forma geral, por serem fatos localizados, especialmente onde a ocupação diretamente sobre a margem é mais intensa - profundamente associados às diferentes condições que imprimem graus diversos de vulnerabilidade às comunidades.

Na margem sul (± 15 km de extensão), a Vila Dom Bosquinho é talvez o local de maior vulnerabilidade social da cidade, constituindo-se de uma grande área de sub-habitações edificadas sobre terrenos ganhos do Saco da Mangueira através de aterros irregulares (Figuras 7 e 8). Neste local a ocupação das margens do pontal é densa e expande-se através de aterros feitos pelos próprios moradores, que demarcam uma determinada área dentro do Saco da Mangueira com estacas de madeira e pneus e preenchem-na com lixo e entulho. Malgrado suas condições sociais e ambientais degradadas, localiza-se a poucos minutos de infraestrutura e serviços indispensáveis - a menos de 1 km de distância do centro da cidade.

Figura 7 - Aterros consolidados e preparação para um novo, a oeste da vila Dom Bosquinho



Figura 8 - Aterro irregular na Vila Dom Bosquinho



Interior do Pontal

Nesta porção do pontal do Rio Grande os alagamentos são os processos de inundação dominantes. As áreas de maior perigo no interior do pontal, por terem apresentado maior número de registros de desastres, são: o bairro Getúlio Vargas - no extremo leste, próximo ao Porto Novo; o bairro Castelo Branco - a oeste, nas imediações da universidade; e o bairro Centro.

O bairro Getúlio Vargas foi a primeira área de sub-habitações da cidade, surgida próximo às principais indústrias e do Porto Novo. Localiza-se totalmente sobre áreas onde originalmente existiam lagoas - a Lagoa do Ladino e outras de menor porte - e extensas áreas de marismas adjacentes, e que foram aterradas para constituir novas terras urbanas. Além da deficiência natural de drenagem do solo devido às condições pré-existentes e da microdrenagem urbana insuficiente, os trabalhos de terraplenagem no aterro deixou depressões no terreno. Também a pavimentação de algumas ruas elevou seu nível deixando as ruas perpendiculares em nível mais baixo. Todos esses fatores concorrem para o desencadeamento dos sérios problemas de alagamentos que atingem alguns pontos do local (Figura 9).

Figura 9 - Alagamento no cruzamento das ruas 6 e 9 do bairro Getúlio Vargas.No local é comum alagamentos atingirem as moradias



O bairro Castelo Branco, que se confronta a leste com a FURG, é habitado por uma população bastante vulnerável. Das 20 ruas que compõe o bairro, apenas uma única é pavimentada com asfalto - a Rua S (Figura 10) -, que é a via principal do bairro, cortando - o ao meio de leste a oeste. A pavimentação dessa via fez com que ficasse em nível mais alto que as casas que a margeiam e funcionando como um dique que barra o escoamento da água das ruas perpendiculares (Figura 11).

O bairro Centro é um dos locais do sítio urbano em que as inundações estão mais profundamente relacionadas à ineficiência da drenagem urbana. Assim, se constituem de acontecimentos localizados que ocorrem em áreas onde a drenagem pluvial é ineficiente e/ ou em áreas rebaixadas originadas por obras mal realizadas. Embora seja o local onde a população apresenta,

relativamente, as melhores condições sócio-econômicas, ou seja a de menor vulnerabilidade, é constantemente afetado por processos de inundações por alagamentos.

Figura 10 - Rua S, a única asfaltada. Notar as casas marginais e ruas perpendiculares em nível mais baixo



Figura 11 - Detalhe do desnível entre as ruas S e E



Margem Norte

A parte norte da orla do Rio Grande representa a imagem da cidade que se autodenomina "Noiva do Mar" e que, de fato, tem suas atividades mais importantes ligadas às atividades portuárias e pesqueiras. Algumas dessas atividades encontram-se junto ao centro histórico, no cais do Porto Velho, local que abriga uma gama de estabelecimentos comerciais e de serviços ligados ao setor pesqueiro, industrial e portuário; e onde teve início o primeiro núcleo de ocupação portuguesa do território gaúcho.

Nessa margem a ocupação é bastante diversificada, de modo que à medida que nos afastamos do centro da cidade, os contornos se modificam, aparecendo grande número de sub-habitações, infraestruturas deficientes ou inexistentes, e comunidades tradicionais de pescadores artesanais à margem das transformações do perfil socioeconômico geral da cidade.

Próximo ao centro da cidade o perigo de inundações pelo extravasamento da laguna não é significativo devido à proteção representada pelo cais do Porto Velho.

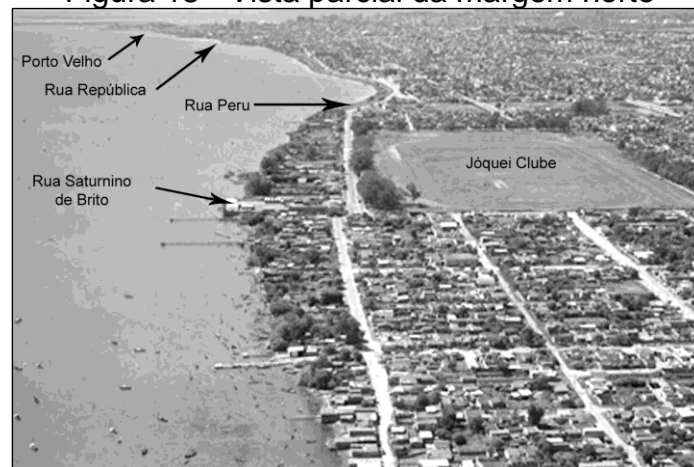
A ocupação residencial das margens torna-se mais efetiva imediatamente a oeste, junto ao canaleta (denominação local de um canal de macrodrenagem urbana), embora esse trecho tenha uma ocupação mais rarefeita, entremeada por diversos vazios urbanos deixados por antigas indústrias que declinaram durante a crise industrial das décadas de 50/60. Ainda assim, esse trecho da margem de cerca de 1,1 Km entre o canaleta e a rua República configura-se como uma área urbanizada e de ocupação consolidada que apresenta perigo devido à vulnerabilidade das moradias que se situam próximo às margens (Figura 12). Segundo os moradores, durante eventos de precipitação intensa e/ou prolongada é comum a laguna extravasar até cerca de 50 metros. Exceção são os eventos extremos, como o de outubro de 2001, quando a laguna avançou mais de 500 metros.

Figura 12 - Rua República, a partir da margem, de onde o carro dista cerca de 23 metros. Cerca de 2 km de distância do Porto Velho



Ainda mais para oeste, as margens apresentam-se intensamente ocupadas por uma população de baixa renda onde predominam os pescadores artesanais, pequenos comerciantes e prestadores de serviços. Em toda margem norte do pontal do Rio Grande há registros de 21 desastres por inundação no período estudado. Os locais que oferecem maiores situações de perigo são as moradias situadas sobre as margens em um trecho de aproximadamente 2,55 km de extensão na porção central do pontal do Rio Grande a partir da Rua Peru em direção ao oeste (Figura 13).

Figura 13 - Vista parcial da margem norte



Nesses locais os eventos de inundação ocasionados pela invasão da laguna chegam comumente a avançar cerca de 60 metros pelos becos perpendiculares à orla (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Beco nas imediações do Jóquei Clube, cerca de 60 metros da margem

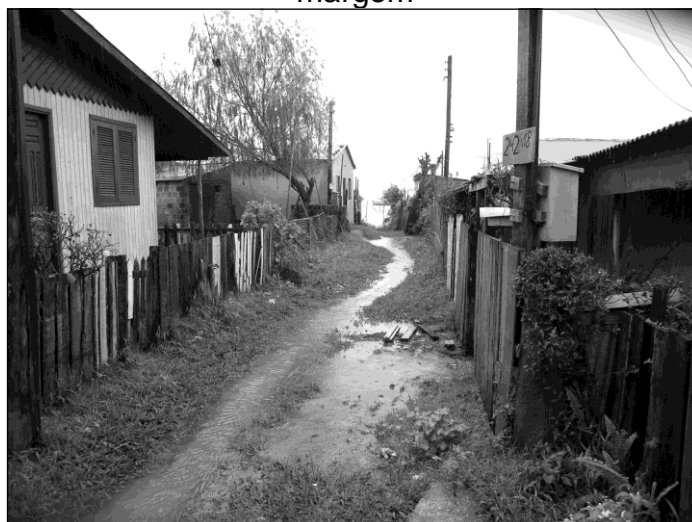


Figura 15 - Rua Saturnino de Brito a partir da margem



Durante eventos de inundação é comum que as moradias tenham seus pátios invadidos pela laguna, embora esses episódios raramente causem danos às propriedades, exceto àquelas mais vulneráveis. Durante eventos naturais adversos de maior magnitude, os danos são de grande monta e os desastres bastante significativos. Um dos maiores eventos do século foi o de outubro de 2001, quando a prolongada precipitação à montante, associada aos fortes

ventos do quadrante sul, fizeram com que a água atingisse cerca de um metro de altura sem que houvesse precipitação local (Figura 16).

Figura 16 - Vista para oeste na avenida paralela à margem que passa em frente ao Jôquei Clube, durante a inundação de 8 de outubro de 2001



Além de outubro de 2001, outro evento significativo foi o ocorrido de 10 a 15 de junho de 1984, quando a lâmina d'água chegou a 60 cm de altura nas ruas perpendiculares à margem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os "pulsos" de crescimento econômico proporcionados pelos investimentos no setor portuário e industrial diversificaram as atividades produtivas locais carregando consigo uma ampliação nos setores comerciais e de serviços. Em decorrência, numeroso contingente populacional foi atraído e a demanda por terra urbana foi crescente.

Devido à configuração estreita do pontal do Rio Grande, a expansão urbana deu-se através de extensos aterros sobre os corpos hídricos e sobre as áreas alagáveis de marismas, de modo a prover o centro da cidade de superfície aproveitável que acompanhasse os ritmos de crescimento econômico. A falta de um planejamento urbano adequado às transformações do perfil socioeconômico local resultou na marginalização social e no aparecimento e expansão de núcleos de sub-habitações e no decorrente estabelecimento de moradias em locais susceptíveis a eventos naturais adversos.

Assim, a configuração do sítio urbano, plano e praticamente ao nível do mar, associado aos fatores naturais que controlam os níveis e a dinâmica estuarina conferem uma alta susceptibilidade a eventos de inundação. Principalmente nas margens do pontal. A associação de susceptibilidade com vulnerabilidade estabelece significativas áreas de perigo de inundações na cidade de Rio Grande, identificados pelo grande número de ocorrências nos últimos 29 anos (ver Figura 6).

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de Treinamento, Brasília: Ministério das Cidades/IPT, 2004, 73p.

CARDONA, Omar Dário. La Necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad e riesgo. In: INTERNACIONAL WORK-CONFERENCE ON VULNERABILITY IN DISASTER THEORY AND PRACTICE. **Proceedings...** Wageningen - Holanda, 2001, 18p. Disponível em: La Red. <<http://www.desenredando.org>>. Acesso em 09 set. 2005.

CASTELÃO, Renato Menezes.; MÖLLER JR., Osmar Olinto. Sobre a circulação tridimensional forçada por ventos na lagoa dos Patos. **Rev. Atlântica**, Rio Grande, v. 2, n. 25, p.91-106, 2003.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Vol. I, 2003, 174p.

CARVALHO, José A. Rodrigues. Perigos Geológicos, Cartografia Geotécnica e Proteção Civil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3, Florianópolis, 1998. **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. CD ROM.

CERRI, Leandro Eugênio da Silva; AMARAL, Claudio Palmeiro do. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sergio Nertan Alves de. (Org). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE-CNPq-FAPESP, 1998, p. 131-144.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20/04/2011.

MARTINS, Solismar Fraga.; PIMENTA, Margareth Afeche. A constituição espacial de uma cidade portuária através dos ciclos produtivos industriais. O Caso do Município do Rio Grande (1874/1970). **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. v. 6. n.1, p. 85-102, 2004.

MÖLLER, Osmar; FERNANDES, Elisa. Hidrologia e hidrodinâmica. In: SEELIGER, Ulrich; ODEBRECHT, Clarisse (Ed). **O Estuário da Lagoa dos Patos: Um Século de Transformações**. Rio Grande: Editora FURG, 2010, Cap. 2, p.17-27.

RECKZIEGEL, Bernadeth Weber. **Levantamento dos Desastres Naturais no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007

ROBAINA, Luis Eduardo Souza. Espaço Urbano: Relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 30, n.2, p. 107-126, 2008.

SALVATORI, Elena; HABIAGA, Lydia A.; THORMANN, Maria do Carmo. Crescimento horizontal da cidade do Rio Grande. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, V. 51 n.1, p.27- 71, 1989.

SOARES, Paulo Roberto Rodrigues; AMARAL, Stella Maris Ricardo do. Reestruturação do espaço urbano: a produção capitalista de moradias em Rio Grande - os condomínios verticais. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 22, p. 53-61, 1997.

TELLES, Rossana Madruga. Evolução geomorfológica de Rio Grande (RS): um confronto de dois tempos. ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DE AMERICA LATINA, 8, Santiago, 2001. **Anais...** Universidad de Chile, 2001, p.154-155.

TOMAZELLI, Luiz José. O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v.1 n.20, p.18-26, 1993.

VIEIRA, Eurípedes Falcão; RANGEL, Susana Regina Salum. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Geografia Física, Vegetação e Dinâmica Sócio-Demográfica**. Porto Alegre: ed. SAGRA, 1988, 256p.

ANÁLISE DA INSTABILIDADE DE UMA ENCOSTA LOCALIZADA NA ÁREA URBANA EM SANTA CRUZ DO SUL, RS

Rinaldo José Barbosa Pinheiro; Andréa Valli Nummer; Luiz Antônio Bressani

<https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7250>

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo sobre uma encosta urbana instável situada na cidade de Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul. A encosta está localizada na parte nordeste da cidade, onde várias moradias têm sido afetadas por movimentos de solo. A área total afetada é de aproximadamente oito hectares. A base da encosta é constituída por siltitos vermelhos da Formação Santa Maria recobertos por um colúvio de espessura variável. Instrumentos de monitoramento de campo foram instalados e apresentaram uma boa relação entre deslocamentos da encosta e picos do nível piezométrico. Análises de estabilidade foram realizadas, usando-se parâmetros de resistência ao cisalhamento de ensaios de cisalhamento direto e triaxiais. Fatores de segurança obtidos, na análise, foram próximos da unidade, apresentando alguma variabilidade. Uma análise das patologias nas construções causadas pelo movimento da encosta também foi procedida, empregando-se dados obtidos de uma inspeção visual e entrevistas, as quais indicaram uma extensa área lateral na encosta e que se encontra sujeita a movimentos.

Palavras-chave: estabilidade de encostas; monitoramento; instrumentação; ensaios geotécnicos.

Abstract: R.J.B. Pinheiro, A.V. Nummer, L.A. Bressani – Analysis of an unstable slope located in the urban area of Santa Cruz do Sul, RS. This paper presents a study of an unstable urban slope situated in the city of Santa Cruz do Sul, RS. The slope is located in the northern part of the city, where several buildings have been affected by soil movement. Its overall size is around 8 hectares. The base of the slope consists of red siltstones of the Santa Maria Formation covered by colluviums of variable thickness. Instruments for field monitoring have been installed and they showed a relationship between slope displacements and peaks of piezometric level. Slope stability analyses were carried out using shear strength parameters from direct shear and triaxial tests. Factors of safety obtained in the analysis were typically close to one, presenting some variability. An analysis of building pathologies caused by slope movement was also carried out, using data obtained with site inspection and interviews, which indicated the lateral extent of the movement.

Keywords: stability slope; instrumentation, monitoring, geotechnical tests.

INTRODUÇÃO

A cidade de Santa Cruz do Sul está localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, com uma população de 118.000 habitantes (IBGE, 2010). A cidade é rodeada por encostas com colúvios, ao norte e a leste, e por uma zona de inundação do Rio Pardinho a oeste.

A cidade é conhecida pelos problemas de instabilidade de encostas desde a década de 70 (Grehs, 1976; Bressani et al., 2008). Este artigo descreve um trabalho realizado em uma região da cidade com moradias danificadas por processos de movimentos de massa nos depósitos superficiais que recobrem a encosta. O estudo foi levado a efeito em um período com uma precipitação

pluviométrica elevada quando foram medidos os movimentos de massa gravitacionais.

Descrição da Área de Estudo

A cidade apresenta uma altitude média, na sede do município, de 122 m. A encosta em estudo localiza-se na zona urbana de Santa Cruz do Sul, na zona norte da cidade na rua Dr. Álvaro Correa da Silva.

O estado do Rio Grande do Sul encontra-se em uma posição geográfica denominada fronteira climática, em que ocorrem grandes oscilações de clima e erros frequentes nas previsões meteorológicas, devidos aos choques entre massas de ar quente, vindas da linha do Equador, e massas de ar polar, provenientes do sul. A região tem um clima subtropical com verões quentes e úmidos.

Em Santa Cruz do Sul, as chuvas dos últimos quinze anos apresentaram um valor mínimo anual de 1.419 mm (1996) e um valor máximo anual de 2.100 mm. É típico do estado gaúcho que as chuvas sejam bem distribuídas ao longo do ano. Nas estações frias, as chuvas geralmente são prolongadas e de intensidade média a fraca, enquanto que, nas estações quentes, as chuvas são de curta duração e grande intensidade. Grande parte da área das encostas em Santa Cruz do Sul constitui uma zona de preservação ambiental.

Geologia

A área estudada situa-se essencialmente dentro da Região Geomorfológica denominada Depressão Central Gaúcha, abrangendo ainda parte da borda da Região Geomorfológica chamada de Planalto das Araucárias (Figura 1). A geologia das regiões norte e leste da cidade de Santa Cruz do Sul é constituída pela Formação Santa Maria na base, estando-lhe sobrepostos os arenitos da Formação Botucatu e os basaltos da Formação Serra Geral no topo. Em alguns locais, os basaltos estão em contato direto com a Formação Santa Maria, o que caracteriza uma discordância de não conformidade. A Formação Santa Maria na região é constituída por siltitos de coloração vermelha. Em áreas isoladas, nas encostas, ocorre a Formação Botucatu, aparecendo sobre a Formação Santa Maria e intercalada aos derrames da Formação Serra Geral (arenitos intertrápico). A Figura 2 apresenta a geologia da encosta da rua Dr.

Álvaro Correa da Silva, onde se encontra a área em estudo (adaptado de Wenzel, 1996).

FIGURA 1. Localização da cidade de Santa Cruz do Sul e o seu contexto geológico.

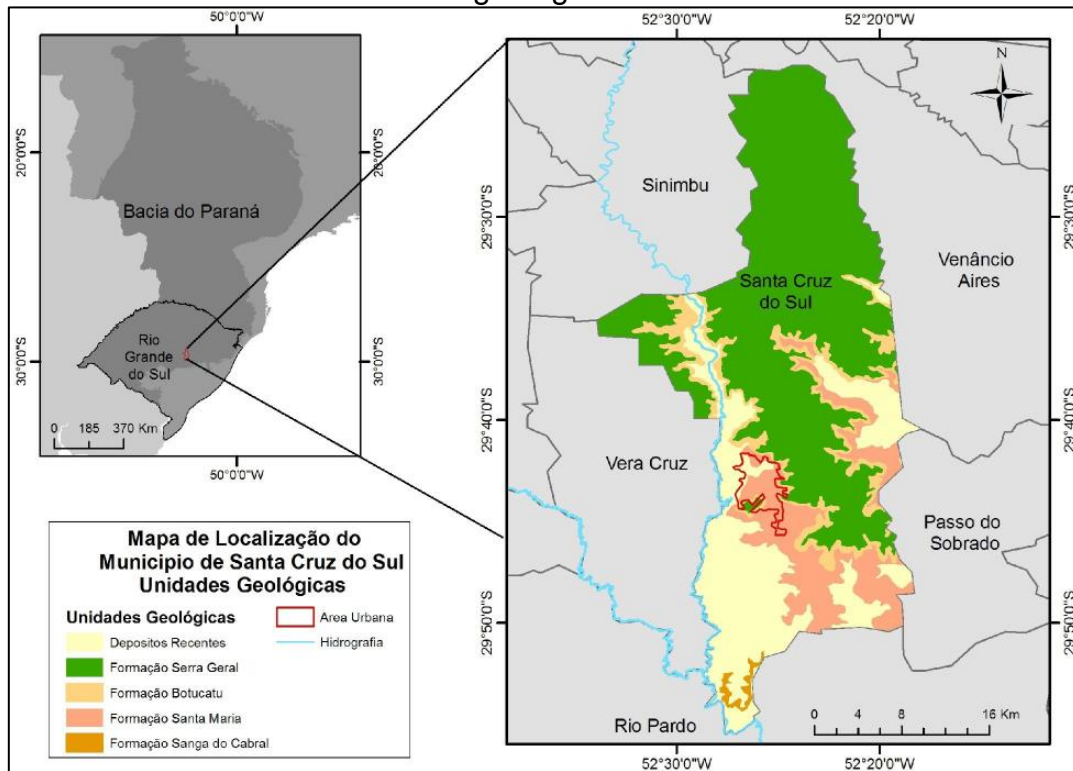
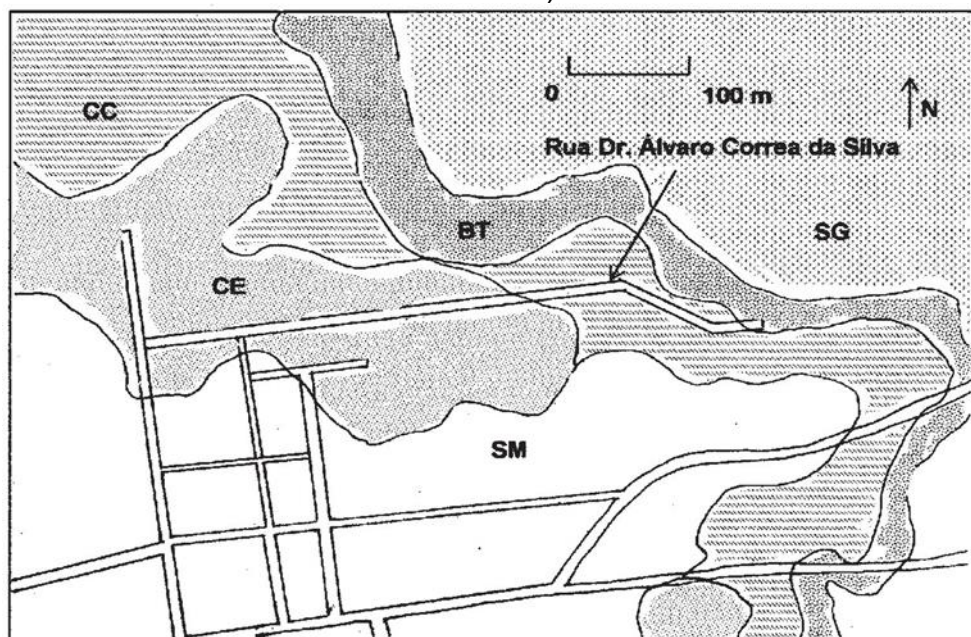


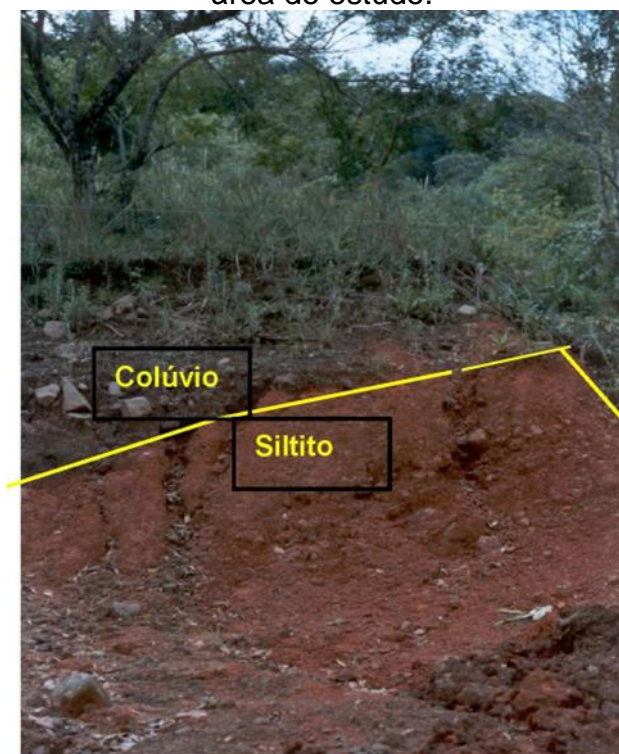
FIGURA 2. Mapa geológico simplificado da encosta na área de estudo (CC = colúvio; CE = colúvio onde se verificaram os processos de escorregamento; SM = Formação Santa Maria; SG = Formação Serra Geral; BT = Formação Botucatu).



A Formação Santa Maria é constituída por siltitos argilosos maciços, micáceos, de cor avermelhada e com argilominerais do grupo das montmorilonitas. Esta formação encontra-se em praticamente toda a zona urbana de Santa Cruz do Sul, ocupando a área entre as cotas 30 e 100.

As rochas da Formação Santa Maria são as mais antigas e se encontram em grande parte da zona urbana do município em estudo (Figura 3). Grehs (1976) afirma que esta formação deve ter um comportamento pré-adensado, pois as rochas das Formações Botucatu e Serra Geral sobrepostas a ela foram erodidas na região. Devido à granulometria das rochas desta formação ser bastante fina, elas são pouco permeáveis. O mesmo autor também menciona que o solo residual desta Formação sofre escorregamentos com grande facilidade.

FIGURA 3. Contato entre solo coluvionar e o siltito da formação Santa Maria na área de estudo.



A Formação Botucatu (arenitos finos a médios, quartzosos e com presença de feldspatos, de grãos arredondados e sub-angulares) aparece na área urbana em uma posição intermediária entre o pacote sedimentar e a

Formação Serra Geral, principalmente nas encostas da cidade (zonas norte e leste) e em morros testemunho ao sul. Ressalte-se que estes arenitos não foram encontrados na área estudada em afloramentos ou nas sondagens.

A Formação Serra Geral em Santa Cruz do Sul é constituída por três derrames basálticos heterogêneos e pouco desenvolvidos. Grehs (1976) registra que estas rochas estão bastante fraturadas, apresentando principalmente diaclasamentos verticais e horizontais. O processo de intemperismo transforma os minerais ferromagnesianos e feldspatos cálcicos das rochas basálticas em minerais argilosos, sendo este processo mais intenso em locais em que ocorrem preferencialmente fraturas horizontais devido ao acúmulo de água. Em zonas de fraturas predominantemente verticais, estas funcionam como drenos verticais, não permitindo o acúmulo de água.

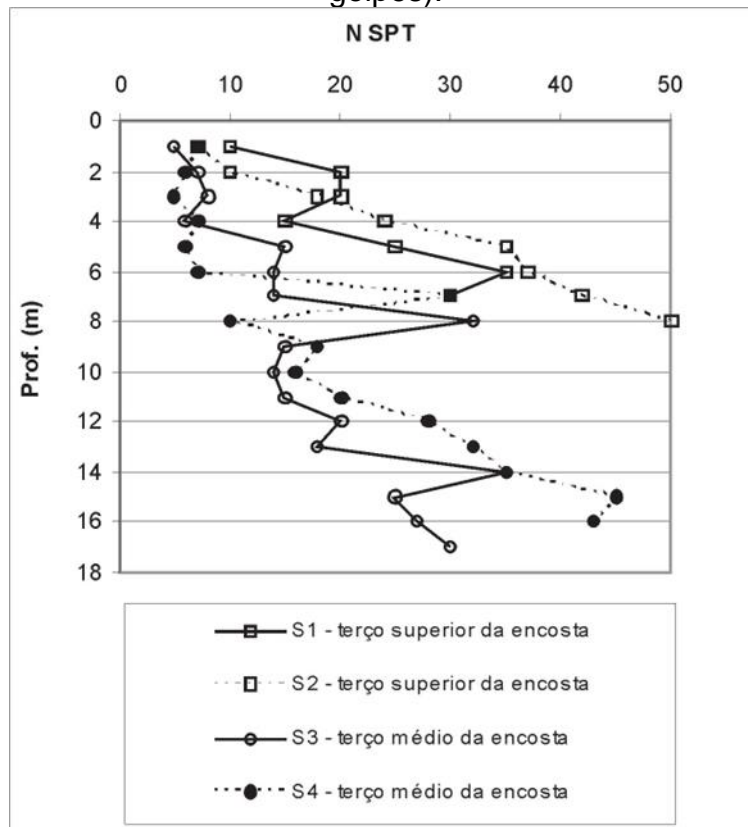
Investigação Geotécnica

As investigações geotécnicas feitas na encosta foram sondagens a trado e à percussão com ensaio SPT, segundo as NBR 9603/1986 e NBR 6484/2001. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a realização de ensaios laboratoriais.

Sondagens

Para a caracterização da área, Pinheiro et al. (2002) realizaram sondagens à percussão com ensaio SPT e sondagens a trado (manual), com coleta de amostras para ensaios de laboratório. O perfil da área de estudo foi caracterizado como sendo constituído por um colúvio de espessura variável (2 a 10 m), composto de materiais silto-arenosos e areno-siltosos, de cor predominantemente marrom, com a presença de blocos e matacões de basalto e de arenito. Ainda, segundo estes autores, a camada basal é constituída de siltitos vermelhos da Formação Santa Maria. A Figura 4 traz os perfis de sondagens obtidos na encosta estudada. As sondagens S1 e S2 localizam-se acima da rua em estudo, onde o colúvio apresenta menor espessura (variando de 2 a 6 m) e com NSPT < 10. As sondagens S3 e S4 situam-se abaixo da mesma rua, onde a espessura do solo coluvionar é maior (da ordem de 8 a 10 m).

FIGURA 4. Resultado típico de ensaios penetrométricos (NSPT = número de golpes).



Ensaio de Laboratório

Pinheiro et al. (2002) e Eisenberger (2003) realizaram vários conjuntos de ensaios de caracterização com os materiais provenientes das sondagens feitas na encosta. A Tabela 1 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios de granulometria (NBR 7181/1984), limites de consistência (NBR 6459/ 1984 e NBR 7180/1984) e índices físicos (NBR 6502/ 1995; NBR 6508/1984) ao longo da profundidade em 12 pontos da encosta.

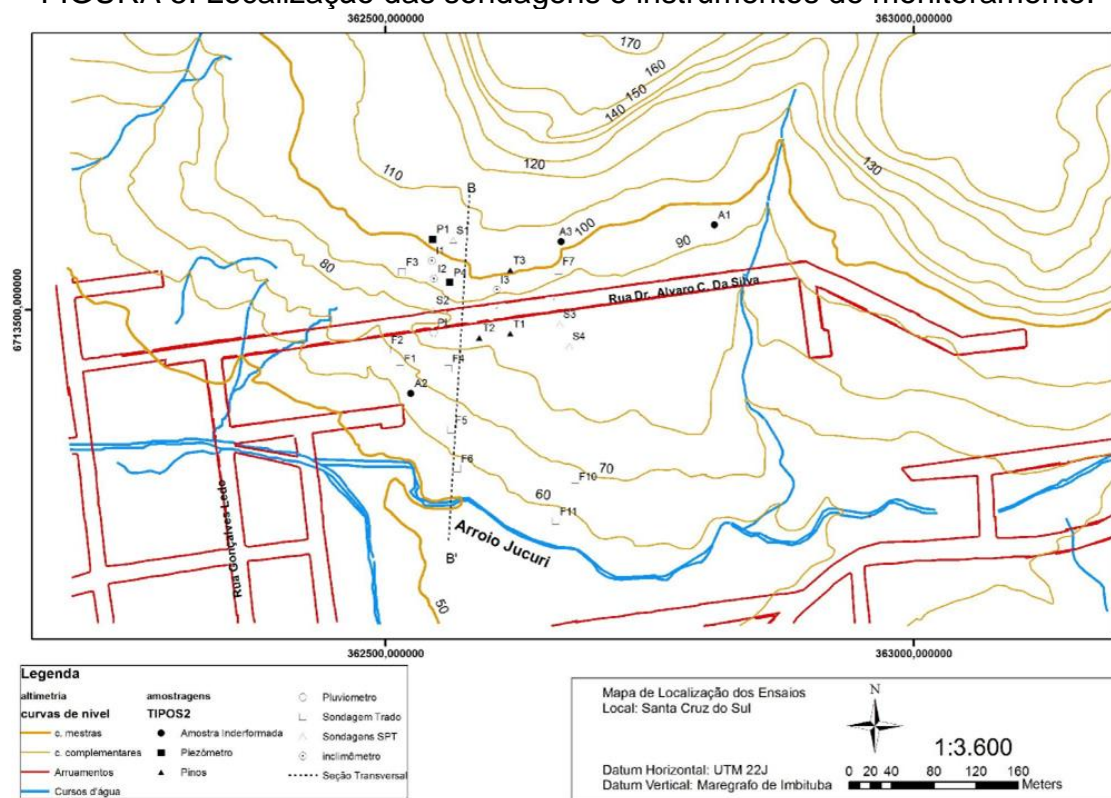
O solo coluvionar possui uma textura variável desde siltoso a arenoso com uma fração argila inferior a 30%. Esta camada apresenta média a baixa plasticidade ($w_l < 50\%$) com NSPT de 5 a 10 golpes, com matações e blocos de arenito e rocha vulcânica, principalmente na parte superior da encosta (sondagens S1 e S2). A Figura 5 contempla os locais das sondagens, coletas de amostras e instrumentação da encosta.

TABELA 1. Caracterização geológica-geotécnica da encosta (Pinheiro et al., 2002 e Eisenberger, 2003).

Furo / Amostra	Prof. (m)	Material	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Pedr. (%)	wl (%)	IP (%)	Índices Físicos
9/1	0,3	Colúvio	10	52	38	-	49	23	$\gamma_s = 26,3$ a $27,4$ kN/m ³ $\gamma = 15,5$ a $16,7$ kN/m ³ $e = 1,2$ a $1,4$ $w = 20$ a 40% $S = 49$ a 83%
1/1	0,5 - 1	Colúvio	16	64	20	-	33	7	
1/2	1 - 1,5	Colúvio	18	56	26	-	37	13	
1/3	1,5 - 1,7	Colúvio	20	72	8	-	35	8	
1/4	1,7 - 2	Colúvio	22	48	30	-	38	7	
1/5	2 - 2,5	Colúvio	26	54	20	-	40	10	
1/6	2,5 - 3	Colúvio	15	37	48	-	30	4	
1/7	3,5 - 4	Colúvio	10	28	42	-	-	-	
7/3	10,0	Colúvio	8	22	70	-	28	12	
0/1	0,5	Siltito	9	72	18	-	32	5	$\gamma_s = 26,3$ a $26,8$ kN/m ³ $\gamma = 20,3$ kN/m ³ $e = 0,5$ a $0,6$ $w = 16$ a 19% $S = 80$ a 83%
1/1	0,6	Siltito	26	44	30	-	67	36	
2/2	0,6	Siltito	25	50	25	-	56	29	
3/2	0,9	Siltito	16	64	20	-	36	13	
3/3	2,1	Siltito	15	60	25	-	40	15	
6/1	1,3	Siltito	24	56	18	2	44	14	

Nota: wl = limite de liquidez; IP = índice de plasticidade γ_s = peso esp. real dos grãos; γ = peso esp. natural; e = índice de vazios; w = teor de umidade; S = grau de saturação.

FIGURA 5. Localização das sondagens e instrumentos de monitoramento.

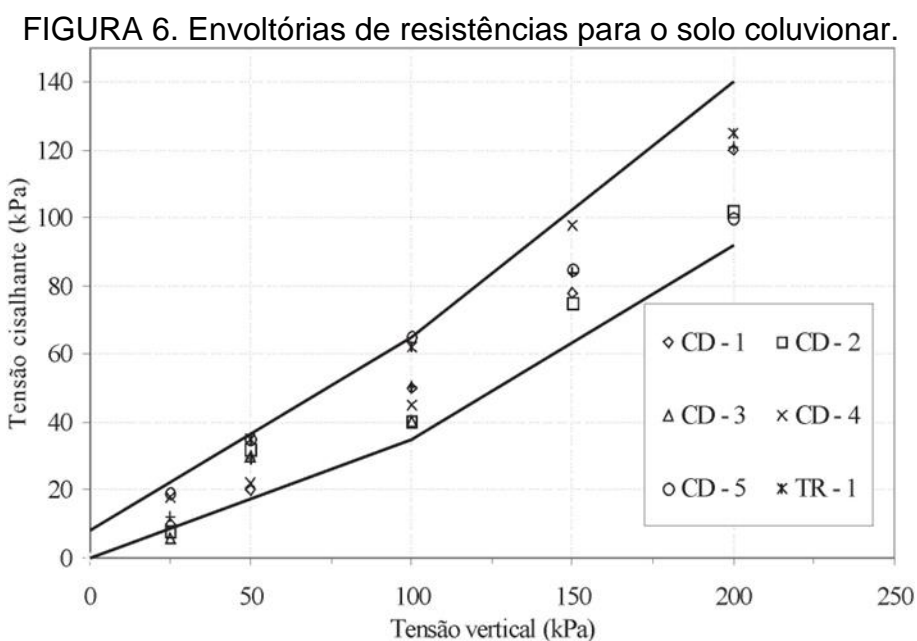


A camada de base da encosta é um siltito da Formação Santa Maria, de textura predominantemente silto-arenosa, de média a alta plasticidade e de consistência rija e dura (índice de vazios inferior a 0,6). O NSPT, nesta camada, é crescente com a profundidade. Ambos os materiais apresentam-se não

saturados ($S < 100\%$). O solo coluvionar possui um peso específico mais baixo e um índice de vazios mais elevado, típico de depósitos de encosta.

Determinação dos Parâmetros de Resistência

Procederam-se ensaios de cisalhamento direto em corpos de prova (5x5cm e 10x10cm) embebidos em água para saturação do solo coluvionar e do siltito vermelho. Ensaios triaxiais do solo coluvionar do tipo CD (consolidado drenado) em corpos de prova 5x10 cm também foram realizados. Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto em todos os corpos de prova não evidenciam ocorrência de pico de ruptura (ou perda de resistência após o pico). Observa-se que os materiais coluvionares mantêm um nível de tensão cisalhante para vários níveis de deslocamento da caixa de cisalhamento, sendo a ruptura definida em função do deslocamento. As variações volumétricas apresentaram apenas comportamento compressivo. A Figura 6 traz as tensões cisalhantes máximas obtidas, nestes ensaios, para toda faixa de variação de tensões normais aplicadas. Verifica-se claramente que as envoltórias não são lineares e, para tensões normais superiores a 100 kPa, as envoltórias de resistência passam pela origem, apresentando um intercepto coesivo (c) nulo e um ângulo de atrito interno (Φ) entre 25 e 34°.



Instrumentação e Monitoramento da Encosta

A instrumentação desta encosta foi iniciada em trabalho anterior apresentado por Pinheiro et al. (2002). Foram instalados, na encosta, tubos de inclinômetros, medidores de nível d'água e piezômetros de Casagrande em 2001. Em 2002, a instrumentação foi ampliada e foi instalado outro tubo de inclinômetro, um piezômetro de leitura automática, um pluviômetro (dados de pluviometria local com intervalos de uma hora) também de leitura automática e pinos de controle de trincas de edificações na encosta, os quais permitem um monitoramento da abertura das trincas através de um paquímetro. Os procedimentos de instalação e monitoramento destes equipamentos seguem as recomendações de Dunniclif (1988). Todos os gráficos apresentados com escala de tempo em dias correspondem ao período de 30 de março de 2001 a 8 de março de 2003, totalizando 707 dias de monitoramento. Recentemente, Schneider (2010) realizou uma vistoria na encosta, verificando as condições das moradias e comparando com o levantamento feito anteriormente. Constatou-se que algumas moradias foram removidas e construídas novas nos mesmos locais.

Medidas de Poro-Pressão e Nível d'água

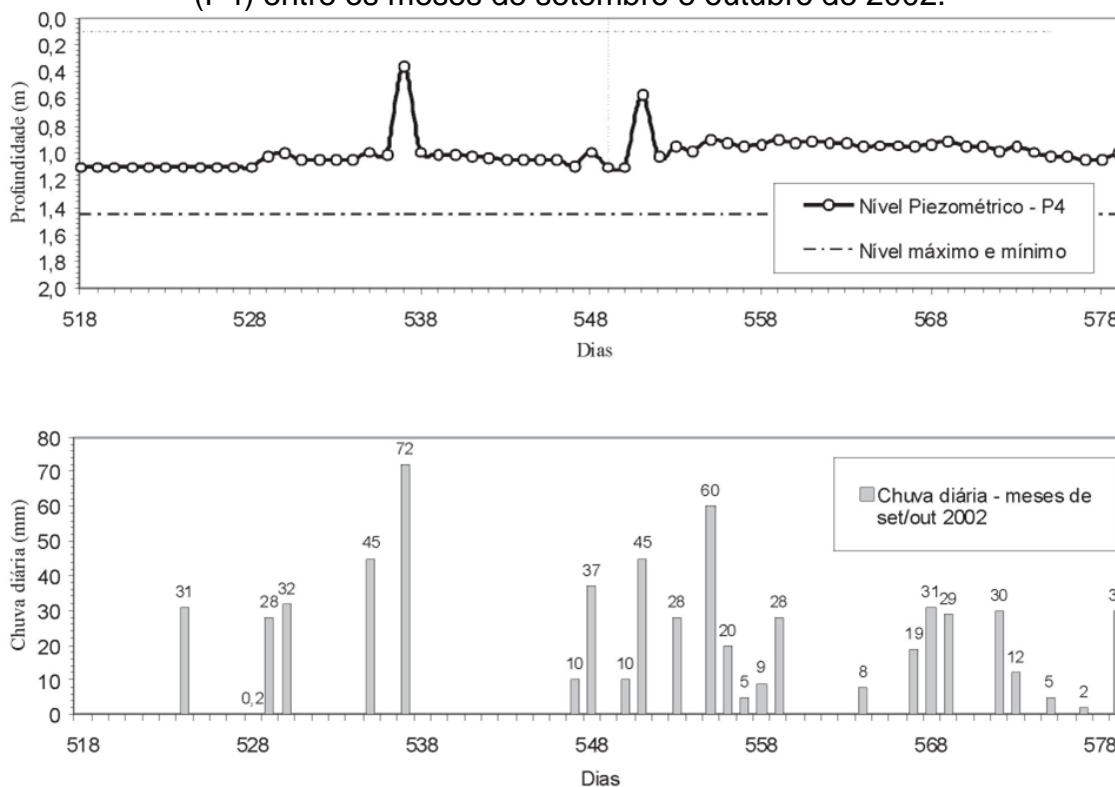
Os piezômetros são dispositivos para medidas e monitoramento das poro-pressões na encosta. Entre os vários piezômetros instalados, destaca-se o piezômetro P4 que foi colocado em furo de sondagem com diâmetro 10 cm e 2,45 m de profundidade, realizado com trado manual. Após a execução do furo, colocou-se areia para o preenchimento do fundo até uma altura de aproximadamente 30 cm. Em seguida, foi introduzido, no furo, o tubo de PVC, preparado previamente em laboratório. O tubo tem uma ponteira ranhurada de cerca de 60 cm na extremidade inferior, envolta por um geossintético amarrado com fios de nylon, a fim de evitar o seu entupimento por partículas de solo. A seguir, foi colocada areia ao redor do tubo de PVC até cerca de 30cm acima da ponteira ranhurada. Acima desta cota, colocaram-se esferas de bentonita secas, previamente preparadas em laboratório e que, depois de instaladas foram imediatamente hidratadas pela colocação de água no furo, para garantir o selamento do piezômetro nessa profundidade. Por fim, no trecho superior, foi utilizado o próprio solo local compactado. A instalação do piezômetro limitou a comunicação hidráulica entre o tubo e o solo apenas pela ponteira ranhurada.

Após a instalação do piezômetro, executou-se uma pequena caixa de alvenaria com uma porta sobre o piezômetro, de modo que a caixa serviu para instalar o sistema de medição automática de dados, evitando, assim algum vandalismo.

As leituras dos outros piezômetros (P1, P2 e P3) deram-se manualmente, tendo sido iniciadas em maio de 2001. Os dados obtidos indicam uma variação máxima de 2 a 3 m de coluna de água nestes piezômetros, assim sendo, os resultados demonstram uma mesma tendência de variação dos níveis piezométricos. Não se observou a ocorrência de artesianismo na encosta. A Figura 7 mostra os resultados obtidos com o piezômetro automático P4. Os resultados do monitoramento automático demonstram picos de variação do nível piezométrico, chegando próximo à superfície. Observe-se, neste sentido, que estes picos não são detectados com o monitoramento manual.

O pluviômetro automático fez seus registros, com um intervalo de uma hora entre leituras, durante o período compreendido entre 24 de junho de 2002 a 15 de fevereiro de 2003 e os resultados obtidos são apresentados parcialmente na Figura 7 (mês de setembro e outubro).

FIGURA 7. Medidas de precipitação e poro-pressão no piezômetro automático (P4) entre os meses de setembro e outubro de 2002.



As chuvas registradas pelo pluviômetro na encosta indicam valores mensais superiores à média mensal da série histórica de 16 anos, sendo similares ou maiores aos máximos mensais registrados. No mês de outubro, a precipitação atingiu 369 mm, sendo este valor o máximo registrado para este mês no período da série histórica. O mês de janeiro de 2003 apresentou uma precipitação de 89mm, ficando bastante abaixo da média para o mesmo mês, que é de 159 mm. Os resultados demonstram a grande intensidade das chuvas que ocorreram no ano de 2002, o que provocou diversos alagamentos na cidade de Santa Cruz do Sul e este evento natural, por sua vez, permitiu observar a encosta em uma situação bastante crítica.

Comparando-se a precipitação acumulada com o nível piezométrico do piezômetro automático P4, observa-se que as chuvas acumuladas não possuem boa correlação. A chuva diária ocorrida no mês de setembro de 2002 apresenta uma boa correlação com a variação do nível piezométrico, conforme representado na Figura 7. Naquele mês, verificou-se que, no dia 6 (524) choveu 30 mm e não houve modificação no nível piezométrico. Nos dias 11 (530) e 12 (531) choveu 27 e 32 mm respectivamente, já provocando leve alteração no nível piezométrico. No dia 17 (536), choveu 45 mm, alterando levemente o nível. A chuva do dia 19 (538), 72 mm, provocou um pico no nível piezométrico de cerca de 65 cm.

Analisando-se o mês de outubro (Figura 6), verifica-se que a chuva diária ocorrida no dia 3 (551) foi de 45 mm, provocando um pico no nível piezométrico de cerca de 45 cm. Entretanto, no dia 7 (551) de outubro, a precipitação foi de 60 mm, o que não determinou nenhuma alteração no nível piezométrico. No restante do mês de outubro, ocorreram chuvas diárias máximas de 30 mm, o que não alterou o nível piezométrico. Este comportamento sugere que a chuva deve ultrapassar certo patamar para instaurar mudanças do nível piezométrico, elevando-o próximo à superfície quando a precipitação for alta. Anote-se que este comportamento é verificado também para os outros meses de monitoramento de chuva.

Levantamento de Subsuperfície – Inclinômetria

Os inclinômetros permitem a determinação da distribuição do movimento lateral da encosta em função da profundidade e do tempo. Eles são constituídos

por tubos flexíveis instalados permanentemente em furos de sondagem que, através de um torpedo que contém um transdutor sensível a inclinação em relação à inclinação em relação á vertical. Os dados obtidos de 2 tubos instalados na encosta encontram-se representados nas Figuras 8 e 9. Na Figura 8 (inclinômetro I-1), verifica-se que a superfície de ruptura ocorre em torno dos 6m de profundidade, exatamente no contato do solo coluvionar com o siltito vermelho. Esta ruptura provoca deslocamentos constantes ao longo do perfil da camada coluvionar. O deslocamento total medido foi de 35 mm ao longo de 22 meses.

FIGURA 8. Medidas dos deslocamentos no inclinômetro I-1.

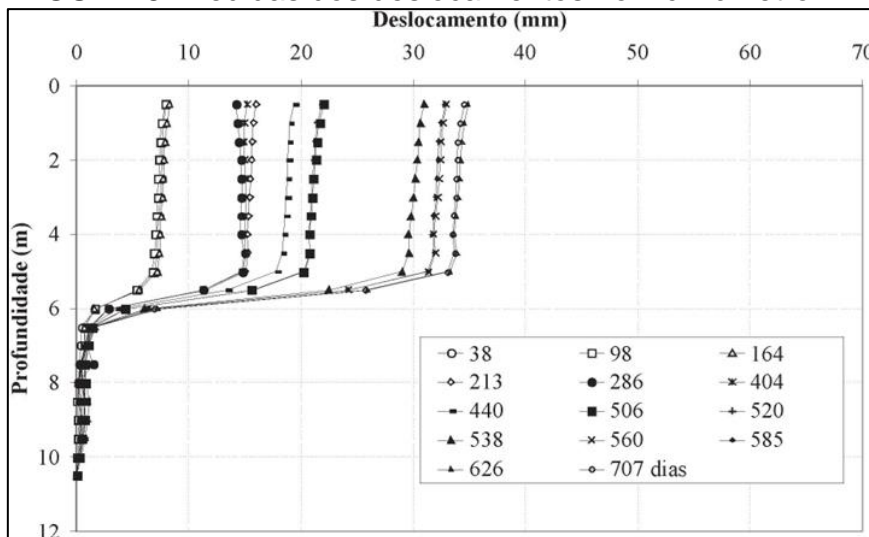
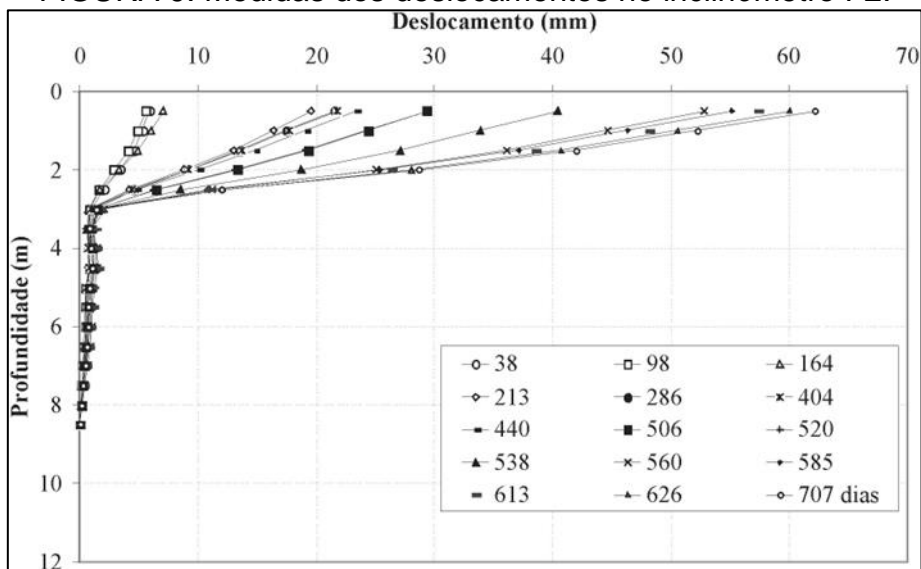


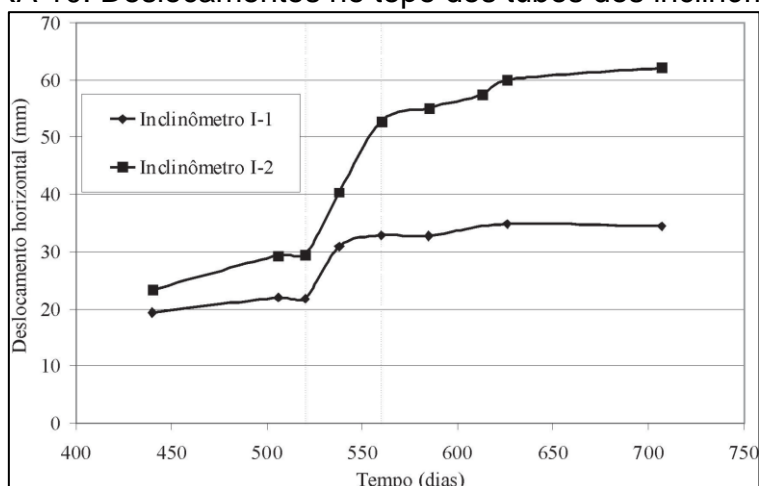
FIGURA 9. Medidas dos deslocamentos no inclinômetro I-2.



O segundo tubo de inclinômetro (I-2), localizado na encosta a jusante do tubo I-1, atravessa uma espessura de colúvio menor, com a ruptura não tão definida e limitada a 3 m de profundidade (Figura 9). Os deslocamentos horizontais medidos indicam velocidades diferentes dentro da camada coluvionar, com uma velocidade maior no topo da camada. O deslocamento total medido foi de 63 mm em 22 meses de monitoramento. Apesar dos 2 tubos de inclinômetros estarem próximos (na parte superior da encosta) verifica-se a variação de espessura do solo coluvionar, que neste local da encosta variou entre 2 e 6 m de espessura.

Já a Figura 10 apresenta os deslocamentos horizontais observados no topo dos tubos de inclinômetros no período de junho de 2002 a março de 2003 (450 a 707 dias). Nota-se que os maiores deslocamentos horizontais, observados nos tubos, aconteceram no período de setembro a outubro (520 a 560 dias), em que se verificaram valores consideráveis de chuva (Figura 6). Percebe-se que há períodos de aceleração do movimento, enquanto, em outros períodos, não há praticamente deslocamento horizontal. Comparando as Figuras 6 e 9, verifica-se que no mês de setembro de 2002, a chuva mensal foi de 251 mm, sendo a média histórica de 166 mm. O mês de outubro apresentou precipitação de 369 mm, sendo que, neste mês, a precipitação média foi de 170 mm e a máxima da série histórica foi de 360 mm. Embora os meses de julho, agosto, novembro e dezembro também tenham registrado precipitações acima da média mensal histórica, não houve significativos deslocamentos horizontais observados através dos tubos de inclinômetro neste período.

FIGURA 10. Deslocamentos no topo dos tubos dos inclinômetros.



Levantamento das Deformações nas Moradias

A fim de monitorar a abertura de trincas pela movimentação da encosta das edificações, foram instalados, em três locais, pinos no entorno de trincas pré-existentes em moradias (T1, T2 e T3). Os pinos foram posicionados em forma de triângulo em um plano vertical, o que possibilitou o monitoramento das componentes horizontal e vertical do movimento de abertura. As primeiras leituras foram realizadas com um paquímetro metálico e posteriormente, em virtude da magnitude dos deslocamentos relativos, a distância entre os pinos ficou maior que o curso do paquímetro e o monitoramento da abertura das trincas passou a ser realizado com uma trena. O erro associado a leituras realizadas com a trena é da ordem de 1 mm, sendo aceitável frente aos deslocamentos relativos totais medidos.

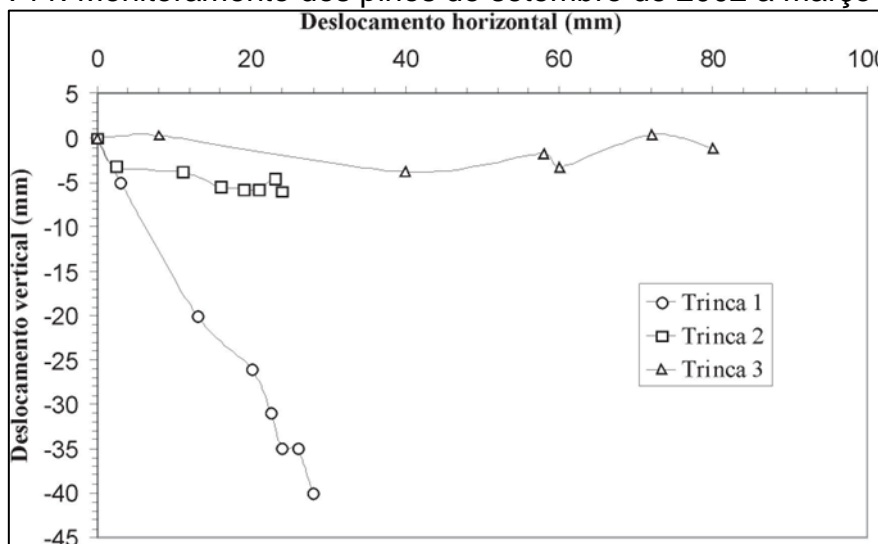
Nos locais das trincas T1 e T2, os pinos foram instalados no encontro das paredes laterais de uma residência com o muro de divisa lateral, na parte situada à frente da residência. Os locais foram escolhidos pelo fato desta residência apresentar sérias patologias provocadas pela movimentação da encosta. A Figura 11 apresenta os resultados das medições realizadas nesta residência. A componente horizontal de abertura observada é de direção norte-sul, sendo concordante com o mergulho da encosta. Observa-se que, no local do pino T1, o movimento é um pouco maior na componente vertical do que na componente horizontal, totalizando uma componente horizontal de 27 mm e uma componente vertical de 39 mm num período de seis meses.

A trinca monitorada T2 apresenta um movimento predominantemente horizontal. No início do monitoramento, o movimento foi basicamente vertical e, depois, o movimento foi preponderantemente na direção horizontal. O deslocamento total medido foi de 24,3 mm, na componente horizontal, e 6 mm, na componente vertical, em um período de seis meses.

A terceira trinca monitorada (T3) situa-se em outra residência, situada em frente à residência das trincas T1 e T2. Esta moradia foi originalmente construída em duas etapas, as quais estão sendo separadas pela movimentação da parte frontal da residência. Observa-se que os deslocamentos são principalmente horizontais, em que houve um deslocamento horizontal total de cerca de 80 mm,

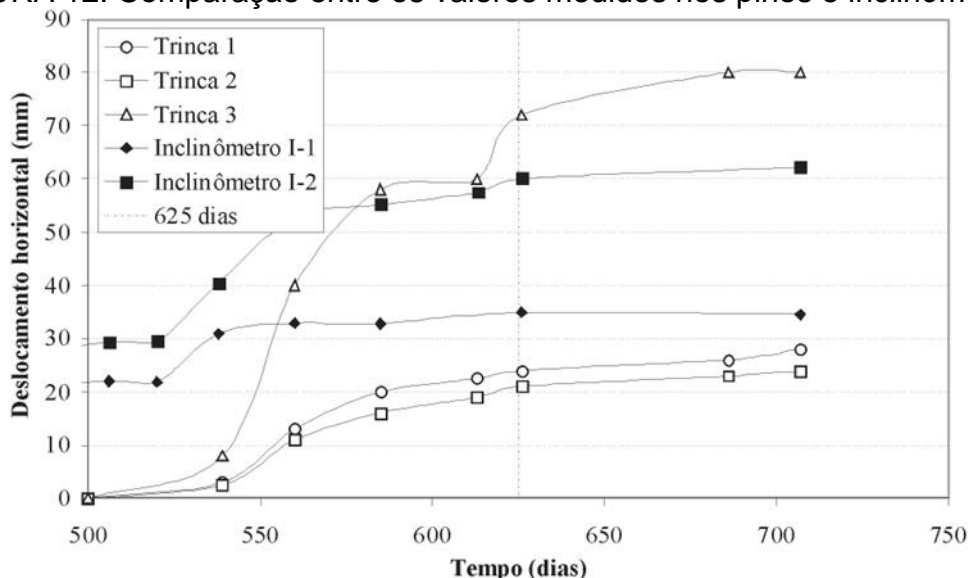
indicando um movimento local mais translacional. Os deslocamentos verticais foram oscilantes em um intervalo de cerca de 4 mm.

FIGURA 11. Monitoramento dos pinos de setembro de 2002 a março de 2003.



Na Figura 12, apresentam-se, em conjunto, os deslocamentos obtidos no topo dos tubos de inclinômetro I-1 e I-2 e os medidos nos pinos colocados nas duas residências. Verifica-se a tendência crescente do aumento dos deslocamentos. A abertura das trincas movimentou-se com deslocamentos horizontais bastante superiores aos deslocamentos medidos nos tubos de inclinômetro, chegando a 80 mm em um período de seis meses. Constata-se, nesta Figura, que o período de maior deslocamento foi no início das medições, no mês de setembro (523 dias), até início de novembro (580 dias), correspondendo em um intervalo próximo ao período em que os deslocamentos horizontais foram mais intensos nas medições dos tubos dos inclinômetros. Embora os deslocamentos horizontais de abertura das trincas instrumentadas sejam maiores do que os deslocamentos horizontais registrados pelos tubos dos inclinômetros, o período em que ocorreram os maiores deslocamentos horizontais foram coincidentes.

FIGURA 12. Comparação entre os valores medidos nos pinos e inclinômetros.



Observando-se a Figura 7, a qual apresenta o nível piezométrico com leitura automática, percebe-se que os dois picos ocorridos próximos ao dia 550 correspondem ao período de aceleração dos deslocamentos horizontais, registrados nos tubos dos inclinômetros e nas trincas instrumentadas. O pico do nível piezométrico correspondente ao dia 625 teve repercussão no tubo de inclinômetro I-2 e na trinca T3, não provocando deslocamento horizontal significativo no tubo de inclinômetro I-1 e nas trincas T1 e T2, conforme visualizado na Figura 12. Isto se deve ao movimento da encosta não ser homogêneo, em forma de um bloco, mas retrogressivo, efetuando-se deslocamentos diferentes ao longo da encosta. Como a instrumentação é pontual, os picos piezométricos podem provocar deslocamentos em uma área da encosta, não ocorrendo em outras partes. Compreende-se com isto, porque alguns picos piezométricos não resultaram em deslocamentos significativos na instrumentação da encosta.

Comparando-se as medidas do nível piezométrico do piezômetro automático com os níveis piezométricos dos piezômetros de leitura manual, tem-se que as leituras manuais não apresentam os picos piezométricos. Estes picos são extremamente importantes, pois, embora de curta duração, eles fazem com que os fatores de segurança da encosta diminuam e os deslocamentos aconteçam. Portanto, o monitoramento do nível piezométrico desta encosta, que

apresenta tempo de resposta da piezometria rápido em relação às precipitações, deve ser realizado com piezômetros de leitura automática.

Análise das Patologias das Moradias

Fez-se um levantamento e uma análise das patologias nas edificações provocadas pela movimentação da encosta. Através de inspeções e entrevistas realizadas nas residências visitadas, mapearam-se as áreas afetadas pela movimentação, bem como a sua intensidade. As patologias visualizadas foram fotografadas, sendo, após, classificadas pela sua origem e por sua gravidade, através de metodologias propostas na literatura para este fim (Alexander, 1986; Chiocchio et al., 1997).

De acordo com os resultados das entrevistas efetuadas, constatou-se que as estruturas existentes no local são relativamente novas, de uso exclusivamente residencial e, na maior parte dos casos, de alto padrão.

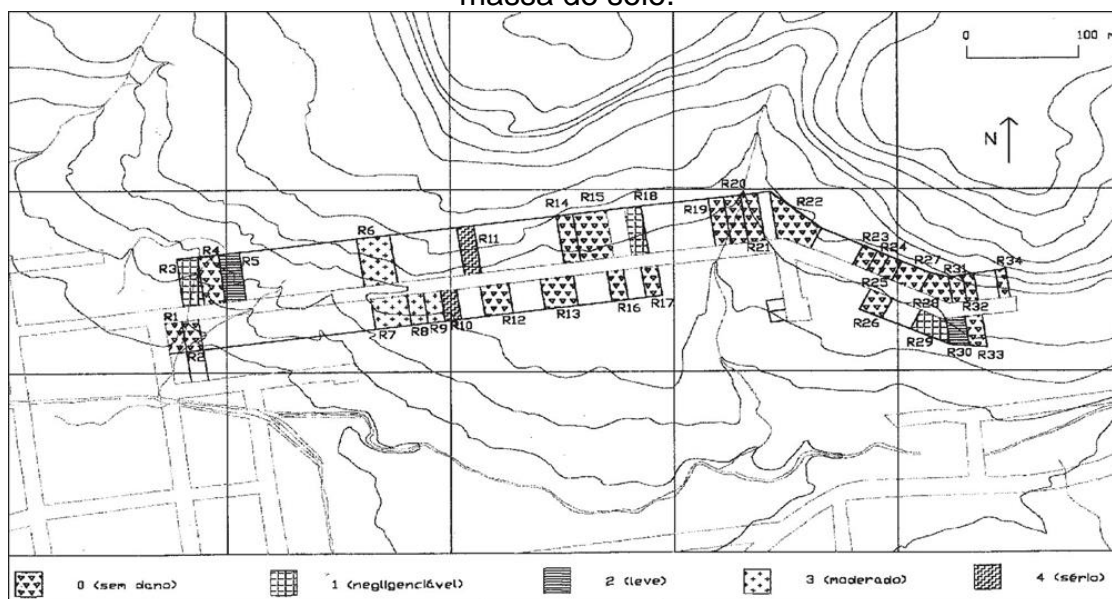
Observa-se que, em geral, as residências possuem estruturas de concreto armado e fundações profundas, principalmente do tipo metálicas cravadas, Strauss ou escavadas. Os terrenos são, via de regra, aterrados, em especial aqueles situados ao sul da rua Dr. Álvaro Correa da Silva (Figura 1). Em relação às patologias, 47% das edificações apresentam, atualmente, algum tipo de patologia. Destas, 69% possuem fundações profundas. Através das inspeções realizadas nas edificações, observou-se que a principal causa de patologias é a movimentação da encosta, seguida de recalques de fundação, os quais podem estar associados à movimentação da massa de solo, ou serem provocados por problemas executivos de fundações profundas, devidos à frequência de matacões no solo coluvionar (Pinheiro et. al, 2006).

Os critérios utilizados para classificar as principais causas das patologias foram as características destas patologias, tais como: inclinação, abertura, posição, quantidade de trincas, posição de afundamentos, entre outras. Adotaram-se também as considerações apresentadas por Thomaz (1989).

As residências próximas à rua Gonçalves Ledo estão assentadas sobre fundações profundas, apresentando patologias leves, geralmente associadas a recalques diferenciais. Já as casas localizadas na parte central da encosta evidenciam patologias mais graves.

A partir da medição dos deslocamentos do piso de uma das moradias, pode-se inferir que o deslocamento total observado, na encosta, entre os anos de 1997 e 2002, foi de aproximadamente 40 cm na direção horizontal e 20 cm na direção vertical. A partir da observação destas patologias, confeccionou-se, o mapa que consta na Figura 13, em que estão representados os níveis de severidade de danos encontrados e as causas prováveis destes danos em algumas residências indicadas pela letra R.

FIGURA 13. Mapa de severidade de patologias provocadas pelo movimento da massa de solo.



A observação do mapa permite concluir que existem movimentos do terreno bastante ativos na região, principalmente em uma faixa de sentido norte-sul, onde estão localizadas as residências R6, R7, R8, R9, R10 e R11. Estas residências são as que apresentam os maiores índices de danos de edificações provocadas pela movimentação da encosta.

Em conformidade com a classificação de Chiocchio et al. (1997) apresentada na Tabela 2, as residências desta faixa apresentam níveis 3 (moderado) e 4 (sério), destacando, pois, patologias graves. As outras residências da rua Dr. Álvaro Correa da Silva, localizadas mais no extremo da rua, apresentam patologias mais leves ou nem mesmo apresentaram-nas associadas à movimentação da encosta. Em face destas constatações, pode-se afirmar que tal dado indica o movimento ocorre principalmente em uma faixa

central que vai desde o topo da encosta até o arroio Jucuri, passando pelas residências em que os níveis de severidade são mais altos.

Em trabalho recente (Schneider, 2010), nesta encosta, verificou-se que as moradias R7, R8 e R9 foram destruídas e novas edificações foram construídas, cujas fundações são constituídas por estacas metálicas cravadas (perfis I) até uma profundidade média de 20 m (de 8 a 12 m mais compridas que as usualmente adotadas). Não foram mais utilizadas estacas de concreto (escavadas e Strauss). A Figura 14 traz alguns dos tipos de patologias mais comuns na área de estudo e em outras encostas na cidade de Santa Cruz do Sul.

TABELA 2. Classificação adotada de dano nas edificações provocados pela movimentação da encosta (Alexander, 1986).

Grau	Nível do Dano	Características
0	sem dano	Edificação intacta
1	negligenciável	Pequenas fissuras nas paredes ou membros da estrutura sem distorção da estrutura ou destacamento de detalhes decorativos externos
2	leve	Edificação continua habitável, os reparos não são urgentes; recalque de fundação, distorção da estrutura e inclinação de paredes não são suficientes para comprometer a estabilidade
3	moderado	Paredes fora de prumo de 1 a 2°, ou fissuração substancial de membros da estrutura, ou fundações apresentando recalques diferenciais de pelo menos 15 cm; necessidade de evacuação da edificação
4	sério	Paredes fora de prumos por vários graus; fissuras abertas nas paredes; fraturamento de elementos da estrutura; fragmentação da alvenaria; recalques diferenciais de pelo menos 25 cm comprometendo as fundações; piso com inclinação de 1 a 2°, ou ruptura por soerguimento; paredes divisórias internas terão que ser recuperadas; não fechamento de portas e janelas; ocupantes devem evacuar e principais danos corrigidos.
5	muito sério	Paredes fora de prumo por 5-6°, estrutura torcida; recalque diferencial provoca sérias trincas em pisos e paredes ou a rotação na edificação; em edificações de madeira há o destacamento completo das fundações; paredes de alvenaria de vedação parcialmente colapsadas; os ocupantes devem ser realocados, pois provavelmente não há mais recuperação da edificação.
6	colapso parcial	Evacuação imediata e isolamento da área para evitar acidentes com o colapso da alvenaria.
7	colapso total	Isolamento da área

FIGURA 14. Trinca na rua Dr. Álvaro Correa e aspecto de uma moradia com sérios danos.



Análise de Estabilidade da Encosta

Através dos dados obtidos na instrumentação e na investigação de campo e nos resultados dos ensaios de laboratório, foram realizadas análises de estabilidade em seções da encosta. As seções foram escolhidas em função da gravidade das patologias que ocorrem na área. Várias simulações foram feitas, incluindo a variação paramétrica da poro-pressão, a variação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento dos materiais envolvidos, etc. Para a análise de estabilidade, empregou-se o programa SLOPE/W da GEOSLOPE (1984), seguindo os procedimentos da NBR 11682/2009 – Estabilidade de encostas. Este programa utiliza a teoria de equilíbrio limite para o cálculo do fator de segurança. O método adotado, na determinação dos fatores de segurança (FS), foi Bishop Simplificado. Os parâmetros de resistência ao cisalhamento utilizados na análise foram baseados nos valores obtidos nos ensaios de laboratório.

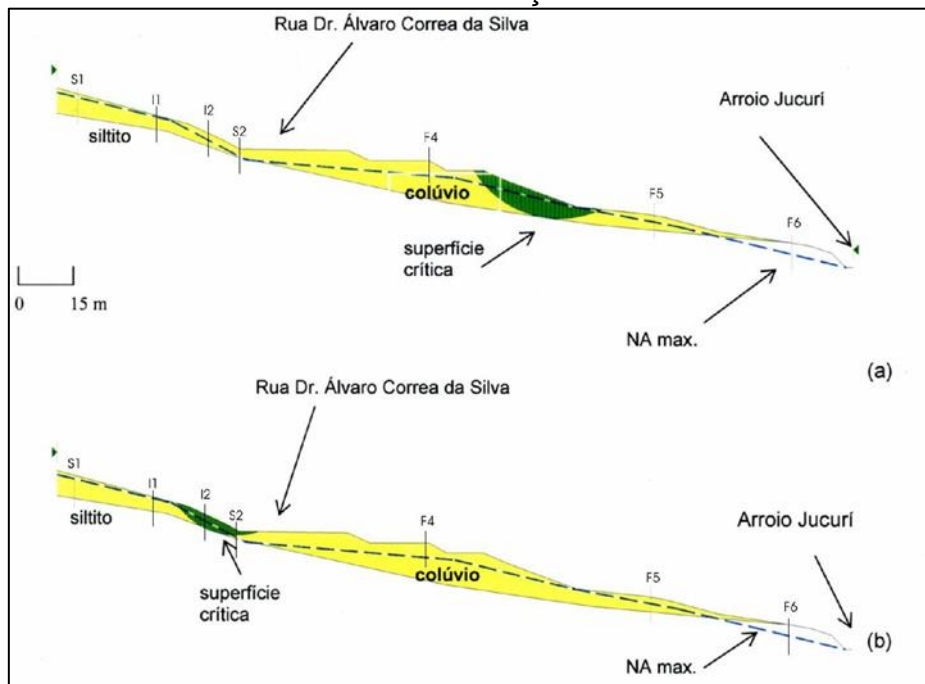
A Tabela 3 demonstra os resultados da análise de estabilidade para a seção típica (norte-sul), variando-se os valores de ângulo de atrito interno (Φ) e coesão do solo (c) coluvionar. Os valores dos parâmetros de resistência do siltito, utilizados nesta análise de estabilidade, foram os obtidos por Pinheiro et al. (2002), ou seja, intercepto coesivo igual a zero e ângulo de atrito interno igual a 34°.

TABELA 3. Fatores de segurança obtidos na análise de estabilidade variando a coesão e o ângulo de atrito do solo coluvionar.

FS	$\Phi = 28^\circ$	$\Phi = 31^\circ$	$\Phi = 34^\circ$
c = 0 kPa	1,10	1,24	1,39
c = 3,25 kPa	1,21	1,36	1,51
c = 6,5 kPa	1,33	1,47	1,64

Os valores dos fatores de segurança calculados são bastante baixos, próximos de 1,0 para os ângulos de atrito entre 28° e 29° . A Figura 15 explicita o resultado gráfico com as superfícies mais críticas de ruptura encontradas. Estas superfícies de ruptura situaram-se no contato entre o solo coluvionar e o siltito vermelho. O local da ruptura, apresentada na Figura 15a, situa-se próximo de uma trinca de tração observada in situ. A superfície de ruptura de fator de segurança mais baixo, encontrada na parte superior (Figura 15b), corresponde à região em que estão instalados os inclinômetros I1 e I2, nos quais se observou uma ruptura entre 3 e 6 m de profundidade.

FIGURA 15. Superfícies de ruptura críticas na seção N-S, com os níveis piezométricos máximos medidos em campo e localização das sondagens e instrumentação.



O nível d'água, utilizado nesta análise, foi o máximo medido pela instrumentação de campo. Adotando-se os valores médios c e Φ , o FS situou-se

entre 1,2 e 1,4. Foi verificado também que, elevando-se o nível d'água até a superfície do terreno, o FS cai para 1,0. Observa-se que, na análise apresentada, não houve uma superfície crítica cobrindo todo o comprimento da encosta, mas uma série de superfícies restritas a pequenas áreas. Estas superfícies reproduzem bem os movimentos identificados no local e os deslocamentos monitorados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O local estudado já é conhecido por possuir algumas moradias danificadas, mas pouco mais se conhecia sobre o motivo. A área é formada por encostas relativamente suaves, compostas por colúvios, aterros e cortes em siltitos vermelhos. O levantamento de danos (perdas) nas moradias localizadas nesta encosta revelou que a severidade situou-se ente negligenciável a severa (segundo classificação de Alexander, 1986) dependendo da posição em relação à encosta.

Foram feitas sondagens na área, incluindo retiradas de amostras de solos. A espessura do solo variou entre 3 e 10 m. Ensaios realizados, neste solo, apresentaram alguma variabilidade e isto afeta os parâmetros de resistência ao cisalhamento.

O monitoramento da encosta deu-se com piezômetros, inclinômetros e pinos de deslocamento. O uso de piezômetros automáticos e pluviômetros (leituras em intervalo de 1h) ressaltaram que a poro-pressão teve uma resposta rápida após um valor especificado de chuvas. O piezômetro automático apresentou picos de 1 m (10kPa) para chuvas intensas diárias e alguma resposta para chuvas acumuladas de 3 dias. As leituras manuais dos outros piezômetros não apresentaram tais picos (pois não eram lidos em tempos apropriados). Conforme se constatou, as chuvas que causam picos de poro-pressões foram acima de 50 mm/dia durante períodos úmidos.

Acrescente-se, nestas ponderações, que o monitoramento cobriu um período de meses chuvosos mais intensos que a média dos últimos 16 anos, situação que, causou grandes deslocamentos da encosta e possibilitou medidas significativas de movimentos do solo coluvionar. O período crítico de monitoramento (medidas de maior magnitude nos tubos dos inclinômetros e deslocamentos superficiais) foi em setembro e em outubro de 2002, época

marcada por precipitações mais elevadas. Na análise dos inclinômetros, verificou-se que a ruptura foi bem definida no contato entre os materiais e a ocorrência de zona de distorção acima dos 3m de profundidade. Ambos apresentaram aceleração dos movimentos neste período.

Os picos de poro-pressão medidos mostraram uma boa correlação com os movimentos medidos na encosta obtidos pelos inclinômetros e pinos. Registre-se que os movimentos parecem ter acontecido de maneira retrogressiva seguindo uma sequência temporal.

Análises de estabilidades realizadas em seções típicas apresentaram fatores de segurança próximo de 1,0 em várias superfícies críticas, as quais estão limitadas em extensão. Tal dado é interessante de se observar, posto que a composição destas superfícies individuais parece representar bem o movimento observado em todo à encosta. Em geral, os movimentos são lentos (40 cm em 5 anos é uma boa estimativa), mas com aceleração durante os períodos de elevação (picos) de poro-pressão.

Trabalhos posteriores, ainda em andamento, têm demonstrado que outras áreas na cidade também são afetadas por movimentos de magnitudes similares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul pelo apoio na investigação da área e aos Programas de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e da Universidade Federal de Santa Maria pelo apoio na instrumentação e monitoramento da encosta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do limite de liquidez – Método de ensaio** – Procedimento: NBR 6459. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica – Método de ensaio** – Procedimento: NBR 6508. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio** – Procedimento: NBR 7180. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Análise Granulométrica – Método de ensaio** – Procedimento: NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Limites de Consistência – Método de ensaio** – Procedimento: NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sondagem a trado** – Procedimento: NBR 9603. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas e Solos** – Terminologia. Procedimento: NBR 6502. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT** – Método de ensaio – Procedimento: NBR 6484. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estabilidade de encostas** – Procedimento: NBR 11682. Rio de Janeiro, 2009.

BRESSANI, L.A.; PINHEIRO, R.J.B.; BICA, A.V.D.; EISENBERGER, C.N.; SOARES, J.M.D. Movements of a large urban slope in town of Santa Cruz do Sul (RGS), Brazil. In: 10 th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES AND ENGINEED SLOPES, 2008, Xi á n, China. **Proceedings...** Xi'an: Chinese Institution of Soil Mechanics, 2008, p. 1-8.

DUNNICLIF, J. **Geotechnical instrumentation for monitoring field performance**. New York: John Wiley & Sons Inc., 577 p., 1988.

EISENBERGER, C.N. **Estudo do comportamento de um talude coluvionar urbano em Santa Cruz do Sul-RS**. Porto Alegre, 2003. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, UFRGS.

CHIOCCHIO, C.; IOVINE, G.; PARISE, M. A proposal for surveying and classifying landslide damage to buildings in urban areas. In: ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, 1997, Rotterdam. **Proceedings...** Rotterdam, 1997, p. 553-558.

GCO SLOPE MANUAL. **Geotechnical Manual Slope**. 2nd, Hong Kong: Geot. Control Office, 1984.

GREHS, S.A. Mapeamento geológico preliminar de Santa Cruz do Sul visando obter informação básica ao planejamento integrado. **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 1, p. 121-152, 1976.

GREHS, S.A. **Mapeamento geológico estrutural da zona urbana de Santa Cruz do Sul visando obter informação básica ao planejamento integrado**.

Porto Alegre: 2003. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, UFRGS.

IBGE. **Estimativa de população.** Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010. Acessado em: 10mar2011.

NORONHA, F.L.; BRESSANI, L.A., MIZUSAKI, A.M.P. Mapeamento geotécnico da área urbana de Santa Cruz do Sul (RS, Brasil). In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DO RIO GRANDE DO SUL / GEORS'2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2009, 12 p.

PINHEIRO, R.J.B; SOARES, J.M.D.; BICA, A.V.D.; BRESSANI, L.A.; EISENBERGER, C.N. Investigação geotécnica de uma encosta na área urbana de Santa Cruz do Sul. In: COBRAMSEG, 12, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002, v. 2, p. 1247-1257.

PINHEIRO, R.J.B; SOARES, J.M.D.; EISENBERGER, C.N; BICA, A.V.D.; BRESSANI, L.A. Patologia de edificações devido à movimentação de encostas na cidade de Santa Cruz do Sul. **Tecno-Lógica**, v. 10, p. 1-15, 2006.

SCHNEIDER, P. **Patologias de edificações devido à movimentação de encostas na cidade de Santa Cruz do Sul – RS.** Santa Maria, 2010. 83 p. Trabalho (Conclusão de Curso de Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação.** São Paulo, IPT/EPUSP/PINI, 194 p., 1989.

WENZEL, J.A. **Mapeamento geológico estrutural da zona urbana de Santa Cruz do Sul visando obter informação básica ao planejamento integrado.** Santa Cruz: UNISC, 20 p., 1996.

RISCO À INUNDAÇÃO NO MÉDIO CURSO DO RIO URUGUAI: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO BORJA - RS

Eléia Righi; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i3.198>

Resumo: Diante de tantos prejuízos oriundos das inundações, observam-se poucos trabalhos visando à espacialização e a análise desses eventos no Brasil e no Rio Grande do Sul. Neste sentido, esse trabalho tem por objetivo realizar o Zoneamento de Risco à Inundação no município de São Borja, localizado na margem esquerda do Rio Uruguai no Estado do Rio Grande do Sul. Foram levantadas as ocorrências de inundações no município, verificando as situações de emergência e calamidade pública entre 1980 a 2009. Posteriormente foi determinada a suscetibilidade, o perigo dividido em três graus (alto < 10 anos de tempo de retorno (TR), médio entre 10 e 30 TR e baixo > 30 anos de TR), a vulnerabilidade através do cruzamento das características de infraestruturas e número médio de habitantes por residências, e o risco a partir da análise integrada dos graus de perigo e classes de vulnerabilidade. Em relação à quantidade de eventos, verificou-se 38 registros de inundações. As áreas suscetíveis correspondem a 11% da área urbana. Em relação ao perigo, nas três faixas (alto, médio e baixo) foi verificado um número significativo de edificações. Na análise da vulnerabilidade, foram encontradas construções com usos residenciais, comerciais e industriais, com padrão estrutural alto, médio e baixo. O mapa de risco de inundação foi elaborado caracterizando três níveis: zona de alto risco, médio risco e baixo risco. Assim, com essas análises, pretendemos contribuir com uma fonte teórico-metodológica como também com um trabalho técnico para o município, pois serve de base para estudos de maior detalhe que desenvolvam um cadastramento do risco, indicando ações para cada caso.

Palavras-chave: Inundação Gradual; Rio Uruguai; Zoneamento de Risco.

FLOOD RISK IN THE MIDDLE URUGUAI RIVER: CASE STUDY OF THE SÃO BORJA MUNICIPALITY - RS

Abstract: Even with so many losses from the floods, there are few works and the spatial analyses of these events in Brazil and Rio Grande do Sul. In this sense, this work aimed to perform a Flood Risk Zoning of the São Borja city, located on the left bank of the Uruguay River in the Rio Grande do Sul State. We surveyed the flood events in this city, checking emergency and public disaster from 1980 to 2009. Further, we accomplished the flood susceptibility analysis, where the grades of hazard were divided into three grades (high <10 years of return time (RT), medium between 10 and 30 and low RT> 30 years). The vulnerability grade was built through the intersection of the characteristics of infrastructure and the mean number of inhabitants per residence. The risk grades were generated from the integrated data analysis of the degrees of hazard and vulnerability grades. Regarding the number of events, there were 38 records of flooding. The areas susceptibility corresponds to 11% of the urban area. Regarding the hazard, for the three bands (high, medium and low) the significant numbers of buildings were found. In vulnerability analysis, buildings with residential, commercial and industrial structural pattern with high, medium and low were found. The flood risk map was prepared featuring three levels: in the high risk, medium risk and low risk. Thus, this study produced the technical and theoretic-methodological insights to the flood management in this city, and it serves as a basis for further detailed studies to develop a risk register, indicating actions to each case.

Keywords: Flood; Uruguay River; Risk Zoning.

INTRODUÇÃO

Muitos municípios do Rio Grande do Sul, principalmente os que margeiam o Rio Uruguai, apresentam registros de processos de inundações. O baixo conhecimento técnico, sobre a dinâmica fluvial e atmosférica, aliada à falta de

políticas de restrições à ocupação de áreas de perigo, deixa a população vulnerável à inundações.

Mesmo assim, diante de tantos prejuízos oriundos das inundações, não se encontram muitos trabalhos visando a espacialização e a análise desses eventos nos municípios em baixo curso do Rio Uruguai.

Righi (2011), bem como Reckziegel e Robaina (2007) e Reckziegel (2007), apontam que muitos municípios que margeiam o Rio Uruguai possuem mais de 38 ocorrências registradas de desastre por município, entre 1980 a 2005. Muitas cidades ribeirinhas desse grande rio já perderam centenas de moradias que ficaram submersas, assim como houve destruição de lavouras, estradas e pontes.

Segundo Alcântara Ayala (2002), a ocorrência de inundações é ligada não somente a suscetibilidade dos locais às características geoambientais, mas também a vulnerabilidade do sistema da sociedade, isto é, sistema econômico-social-político-cultural.

Quando ocorre a combinação entre incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de inundação pode-se denominar risco (CASTRO, OLIVEIRA PEIXOTO e PIRES do RIO, 2005). A existência de um risco só se constitui quando há a valorização de algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar o zoneamento de risco à inundação no município de São Borja localizado na margem esquerda do Rio Uruguai no RS (Figura 1). O zoneamento de risco destaca-se como medida não estrutural essencial para o gerenciamento auxiliando no estabelecimento de medidas que minimizem perdas e danos. Além disso, os mapas subsidiam a reorganização do espaço urbano, com o estabelecimento de novas diretrizes de ocupação nas cidades.

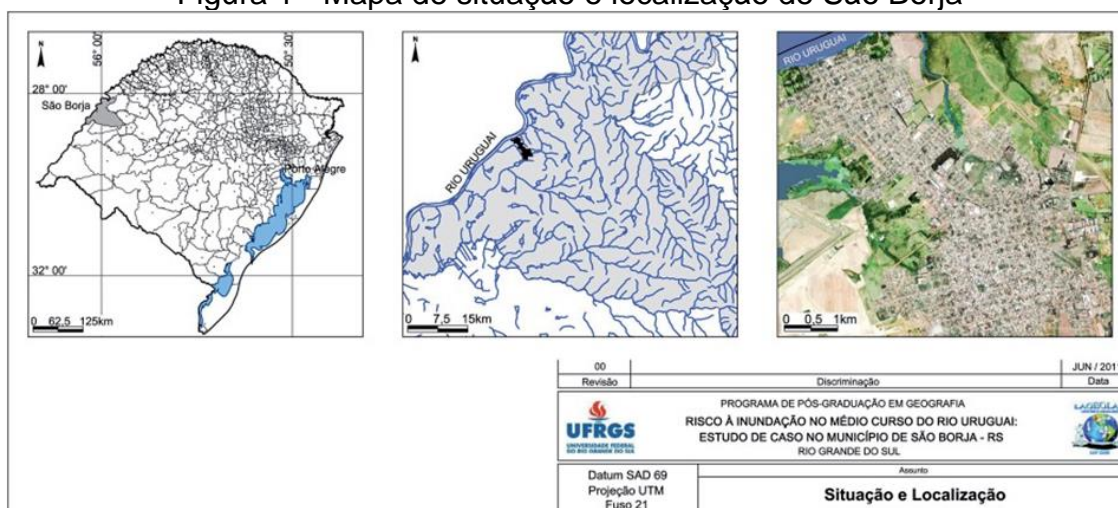
METODOLOGIA

Visando a melhor compreensão dos procedimentos metodológicos adotados neste trabalho, optou-se por uma estruturação em duas etapas, de acordo com o nível de detalhamento dos mapeamentos.

Etapa I: Levantamento de Materiais

O levantamento dos dados referentes à ocorrência de inundações graduais foi embasado no trabalho realizado por Reckziegel (2007), a qual realizou levantamentos entre 1980 a 2005, utilizando duas fontes de dados para os 26 anos analisados: Diário Oficial e informações na imprensa escrita.

Figura 1 - Mapa de situação e localização de São Borja



Os dados legais referem-se aos decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública, tendo sido levantados junto à Defesa Civil do Estado no Rio Grande do Sul e nas publicações do Diário Oficial do Estado. O veículo de imprensa escolhido foi o jornal Zero Hora, no qual foram levantadas as reportagens que continham alguma notícia a respeito da ocorrência de inundações.

Reckziegel (2007) explica que os dados levantados junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado correspondem aos eventos ocorridos entre os anos de 1991 e 2005. Como a Defesa Civil não dispõem de informações sobre a ocorrência de eventos adversos e a homologação de decretos de Situação de Emergência e de Estado de Calamidade Pública anteriores ao ano de 1991, o levantamento dos decretos homologados no período de 1980 a 1990 foi realizado no Diário Oficial e na Coletânea de Leis e Decretos, disponíveis na Biblioteca do Tribunal de Justiça do Estado.

A coleta de informações junto à imprensa foi realizada com o objetivo de complementar os dados referentes à ocorrência de inundações. A escolha do

jornal Zero Hora como fonte de informação deve-se a maior facilidade de obtenção dos dados, devido a boa organização de seu acervo.

As ocorrências entre 2006 e 2009 foram levantadas junto ao banco de dados da Defesa Civil do Estado que se encontra no site da mesma (www.defesacivil.rs.gov.br).

O material cartográfico utilizado consiste na base cartográfica da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército na escala 1:50.000 e na escala 1:250.000 de todo o Rio Grande do Sul, e nas curvas de nível de um metro de equidistância das áreas urbanas.

Os recortes de imagens QuickBird derivadas do software Google Earth™ foram baixadas do Google Earth-Pró 2010, e as imagens LANDSAT foram disponibilizadas pelo INPE (www.inpe.br), as selecionadas para serem classificadas na ocorrência de inundações são: WRS 225/080 de 08/06/1990, WRS 2240/080 de 18/09/1989 e WRS 224/079 de 18/09/1989. As imagens SRTM foram adquiridas gratuitamente, através da EMBRAPA (www.embrapa.br).

Os dados fluviométricos foram obtidos na Agência Nacional das Águas – ANA, disponíveis no site da ANA (www.ana.gov.br), onde foram levantados dados diários de vazão e cotas. A série histórica da estação São Borja (Código 75780000; Altitude 50m; Latitude -28:37:28, Longitude -56:2:13), localizada neste município, apresenta dados desde 1940.

Etapa II: Processamento e Relação entre os Dados

A delimitação e análise das áreas suscetíveis à inundação foram realizadas a partir da integração de parâmetros relativos ao relevo (declividade <2%), rede de drenagem, unidades geomorfológicas (RADAM/IBGE, 2003) e classificação de imagens de satélite.

O mapeamento das áreas de perigo levou em consideração as áreas urbanas ocupadas dentro das áreas suscetíveis a inundação, delimitadas na fase anterior. A partir da linha de delimitação das áreas de perigo, realizou-se a classificação de graus de perigo, através do tempo de retorno das inundações, quantidade de eventos registrados e trabalhos de campo.

A partir da linha de delimitação das áreas de perigo, realizou-se a classificação de graus de perigo, através do tempo de retorno das inundações, quantidade de eventos e trabalhos de campo.

Nos trabalhos de campo obteve-se informações específicas sobre as inundações ocorridas, verificando as cotas altimétricas atingidas; realizou-se entrevistas com moradores locais buscando informações sobre os eventos; percorreu-se toda a área urbana com perigo dos municípios para analisar a paisagem e identificar possíveis fatores de influência sobre as inundações.

O cálculo do tempo de retorno se baseou em Christofolletti (1981), que compreende a seleção do evento de maior magnitude (vazão) em cada ano da série histórica, o ordenamento dos eventos conforme a sequência de magnitude (ranking) dos valores mais elevados para os menores e a aplicação da seguinte equação:

$$TR=(N+1)/M$$

onde TR é o tempo de retorno; N é o número total de eventos considerados na série; e M é o número de ordem (ranking) que representa a posição da inundação na escala organizada.

O método para modelagem tridimensional do relevo foi desenvolvido a partir das projeções de inundações, como o uso da computação gráfica tridimensional. O primeiro passo foi a organização das curvas topográficas de 1 para 1 metro das cidades com o software AutoCAD 2010.

A seguir foi feito o ajuste dos objetos para a projeção tridimensional, a partir das curvas. Com o desenho ajustado, criou-se uma rotina LISP (linguagem de programação do software AutoCAD 2010). Esta rotina cria uma grade de pontos em uma área pré-determinada e a partir daí ela lê as cotas de cada ponto, este processo é feito quatro vezes pelo programa.

Assim, foram individualizados 3 graus de perigo, considerando que o grau de alto perigo possui TR menor de 10 anos e representa a maioria dos eventos ocorridos, sendo maior que seis. A faixa de perigo médio possui entre seis a dois eventos, com um TR entre 10 e 30 anos. A terceira faixa, considerada de perigo baixo representa os eventos mais excepcionais, ocorrendo uma ou duas vezes na série histórica analisada, possuindo tempo de retorno acima de 30 anos.

A partir da definição da área de perigo analisou-se a vulnerabilidade, determinada pelas edificações conforme o padrão urbano, enquanto sua apresentação material visível aos olhos do observador, infraestrutura e o ordenamento da ocupação.

Dessa forma, o padrão alto corresponde àquelas edificações que foram construídas com técnicas de engenharia adequadas segundo as normas construtivas e apresentam material de boa qualidade em sua construção (edificações de alvenaria). O padrão urbano médio corresponde às casas de madeira que possuem uma base de alvenaria, normalmente as casas de madeiras são mais rápidas e fáceis para a construção, mais baratas e não necessitam de uma mão de obra especializada, e, a base de alvenaria faz com que a residência suporte mais o impacto das águas.

Já o baixo padrão construtivo está vinculado às habitações que geralmente são autoconstruídas por seus moradores e apresentam variados materiais em sua estrutura. Foram também consideradas algumas casas de madeiras que não possuem uma base de alvenaria, por possuírem uma fragilidade maior quando na ocorrência de inundações.

Em relação à infraestrutura foram analisadas as malhas viárias, obras de engenharia para contenção de inundações, rede de drenagem pluvial e redes de água. Essas variáveis foram verificadas nos trabalhos de campo, imagens QuickBird e informações obtidas nos órgãos públicos. Assim, os locais que possuíam uma boa malha viária, boas condições de drenagem urbana e obras de contenção a inundações foram classificadas com baixo grau de vulnerabilidade.

Os locais com médias condições, ou seja, pontos que possuíam algum desses itens em condições razoáveis foram classificadas com média vulnerabilidade e os locais com condições ruins foram classificadas com alto grau de vulnerabilidade.

Além disso, foi verificada a quantidade de habitantes por setores censitários a partir dos dados de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Resultados do Universo do Censo Demográfico 2000 e 2007. Estes dados foram validados e analisados em trabalhos de campo.

As classes de vulnerabilidade são obtidas a partir destes levantamentos, indicado no Quadro 1.

Posteriormente realizou-se o zoneamento do risco a inundações a partir da análise integrada dos graus de perigo e classes de vulnerabilidade (Quadro 2).

Quadro 1 - Matriz para o cálculo das classes de vulnerabilidade.

<i>Variáveis Sociais</i>		Número de habitantes afetados		
		>36	16-35	5-15
Condições de infraestrutura e padrão das edificações	1 - Baixo	1 (alto)	2 (alto)	3 (médio)
	2 - Médio	2 (alto)	4 (médio)	6 (baixo)
	3 - Alto	3 (médio)	6 (baixo)	9 (baixo)

Quadro 2 - Matriz para o cálculo do zoneamento de risco.

<i>Perigo x Vulnerabilidade</i>		Perigo		
		1 - Alto	2 - Médio	3 - Baixo
Vulnerabilidade	1 - Alta	1 (alto)	2 (alto)	3 (médio)
	2 - Média	2 (alto)	4 (médio)	6 (baixo)
	3 - Baixa	3 (médio)	6 (baixo)	9 (baixo)

RESULTADOS

As análises das características geomorfológicas permitiram a identificação das áreas suscetíveis à inundações. Os dados mostram que essas áreas, na parte central do município de São Borja, chegam, aproximadamente, a 4000 metros de extensão a partir da calha do Rio Uruguai. Na área urbana, que corresponde a porção que interessa ao trabalho, a suscetibilidade a inundações aumenta na parte oeste e norte, que estão as margens do Rio Uruguai e do arroio Itachere (Figura 2).

Os dados que indicam suscetibilidade na área urbana, somados com o inventário da ocorrência de eventos (ao total 38, sendo decretadas 15 situações de emergência e uma de calamidade pública) determinam as áreas de perigo. As áreas de perigo ocupam uma parcela significativa do município, cerca de 11% da área urbana (Figura 2).

O grau de perigo caracterizado em três níveis: Perigo I, Perigo II e Perigo III indicam o tempo de retorno dos eventos (Figura 3). Na zona de alto perigo (Perigo I), que possui tempo de retorno até 10 anos, encontram-se muitas edificações, um total de 337. Entretanto, como acontece no bairro Passo onde

está localizado o Cais do Porto muitas edificações são usadas com fins comerciais para bares e restaurantes.

Figura 2 - Mapa de Susceptibilidade e Perigo a Inundações em Relação à Área Urbana

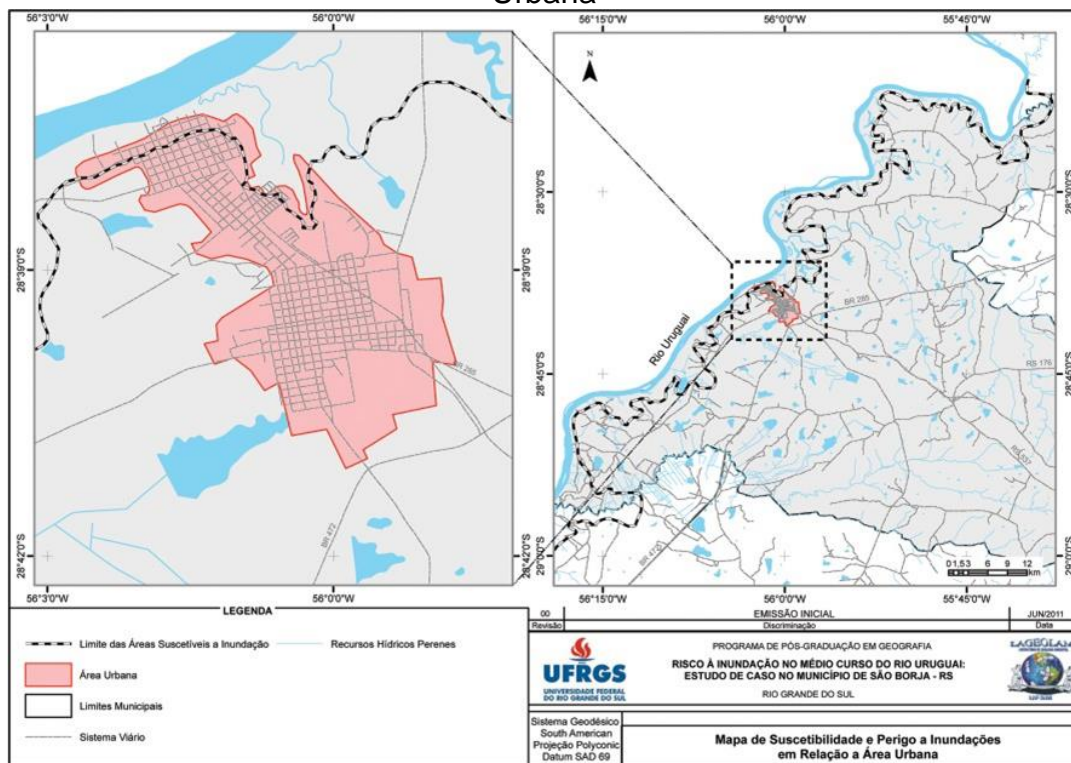
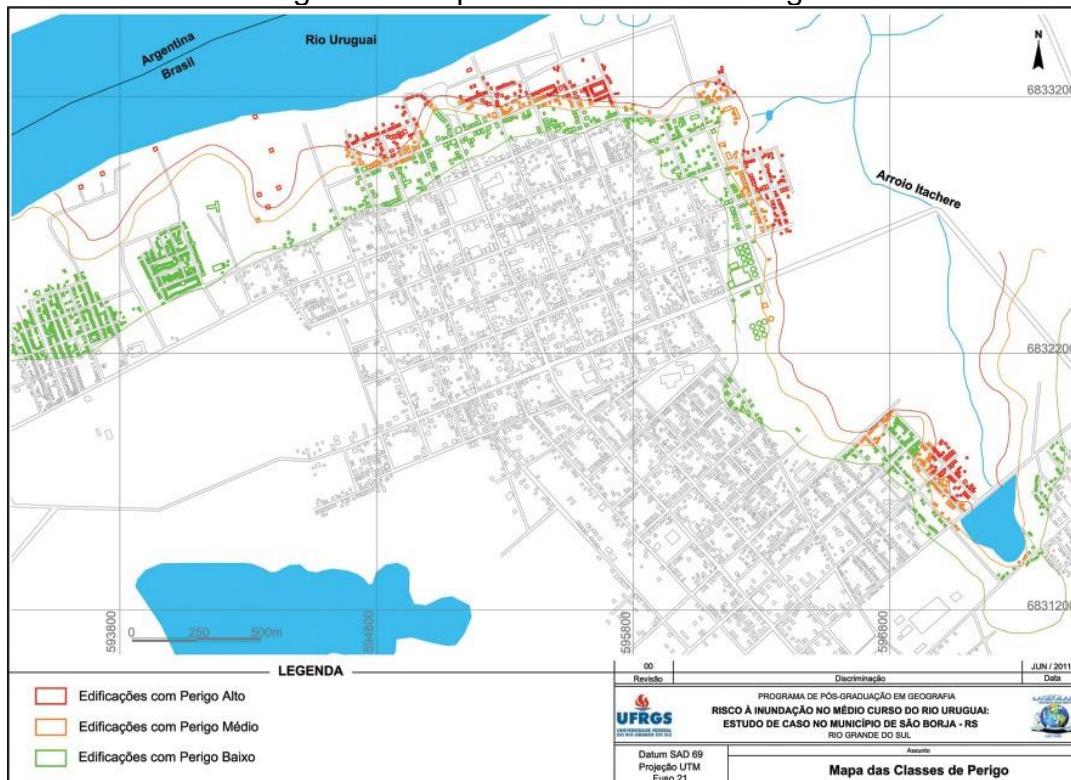


Figura 3 - Mapa das Classes de Perigo



Na parte norte da área urbana, no bairro Itachere encontram-se muitas residências nessa faixa de perigo, localizando-se ao longo do arroio Itachere, o qual possui nas suas nascentes um açude. Nesta área as inundações da área urbana podem ser explicadas pelas declividades baixas e posição topográfica muito próxima ao arroio Itachere, que sofre bloqueios das suas águas pelo aumento do nível do Rio Uruguai.

As áreas caracterizadas de médio perigo, com tempo de retorno de 10 a 30 anos, possuem um total de 240 edificações, possuindo usos residenciais, bem como industriais, institucionais e comerciais.

A zona de baixo perigo – Perigo III - possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, somente será atingida em anos excepcionais. Apesar da menor probabilidade de ocorrência de eventos o número de edificações é significativo, um total de 1.075.

Um dos parâmetros para determinar a vulnerabilidade são as características dos arruamentos, pois constitui um indicador do nível das estruturas e grau de organização do sistema social. Assim, foi verificado que cerca de 80km das vias públicas não possuem pavimentação, sendo apenas encascalhadas. Dos 120km pavimentados, 40km são asfaltados no centro da cidade e 80km pavimentados com pedras imbricadas à guisa de paralelepípedos.

Os arruamentos interbairros são constituídos de revestimentos muitas vezes degradados ou inexistentes, em alguns trechos os veículos trafegam diretamente sobre o que se pode considerar como revestimento primário e solo compactado. Os passeios observados não possuem geometria definida e são formados por materiais diversos, predominando o solo compactado.

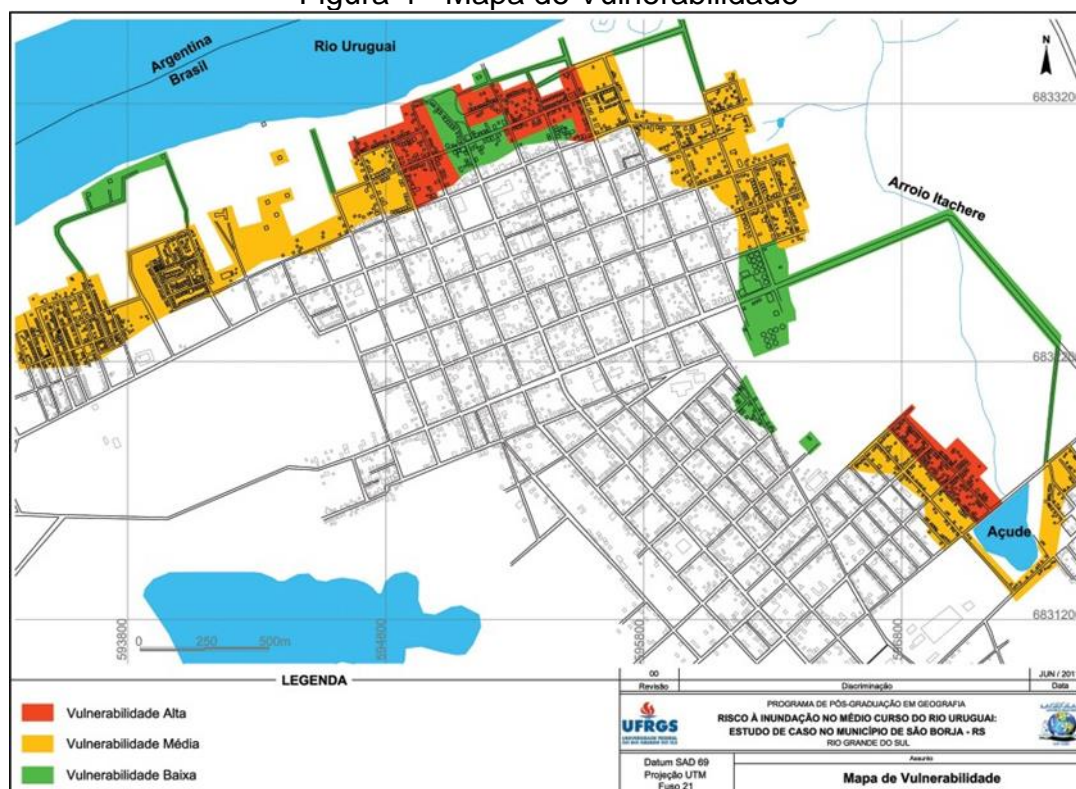
São Borja, assim como observado por Costa et al. (2009) no município de Caratinga-MG, apresenta um padrão urbano diferente daquele que encontramos normalmente em áreas de perigo aos processos fluviais, as construções possuem em geral um bom padrão construtivo, a maioria das moradias possui excelentes acabamentos e boas condições de conservação. Estes bairros apresentam alto grau de ocupação e pouca presença de ocupações irregulares. Isso, provavelmente, se associa com a forte relação da cidade com o rio desde sua fundação e as trocas comerciais com a cidade Argentina de São Tomé.

As edificações com padrão urbano médio e baixo (habitações alto-construídas com variados materiais em sua estrutura) foram localizadas principalmente no bairro Passo.

O uso do solo é predominante residencial unifamiliar. Algumas residências possuem uso misto para fins comerciais ou de serviços, voltadas à complementação do orçamento familiar. Ainda encontram-se no município muitos pescadores, que moram próximo ao Rio Uruguai.

Com os dados obtidos determinou-se o zoneamento da vulnerabilidade mostrado no mapa de vulnerabilidade, da Figura 4.

Figura 4 - Mapa de Vulnerabilidade



A classe de baixa vulnerabilidade está presente ao Norte da área urbana, junto ao arroio Itachere possuindo em torno de 29 residências com alto padrão estrutural, 18 torres de silos para armazenamento de grãos e cinco edificações com outros usos. O número de pessoas neste local é em torno de 100.

Nas proximidades do Rio Uruguai esta classe possui um total de 46 edificações comerciais, ao meio destas edificações encontram-se algumas residências com alto padrão estrutural.

A classe de média vulnerabilidade também predomina ao norte da área urbana e nas proximidades do Rio Uruguai. O número de edificações é em torno de 1155, sendo somente 63 para outros usos (não residenciais), assim o número de pessoas também é alto em torno de 3.800 pessoas.

A classe de alta vulnerabilidade localiza-se próximo ao Caís do Porto, com um padrão construtivo médio e baixo, um sistema de esgoto inadequado bem como de ruas e imobiliário urbano. Este local possui um total de 238 residências, conseqüentemente um número aproximado de 800 pessoas. Na parte norte da área urbana encontra-se 138 edificações, com aproximadamente 480 pessoas.

O risco pode ser analisado como uma categoria associada à priori como uma área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais (BRASIL/IPT, 2004).

O mapa de risco de inundação foi elaborado caracterizando três níveis: Risco Baixo, Risco Médio e Risco Alto (Figura 5). As áreas caracterizadas de baixo risco (tempo de retorno acima de 30 anos) possuem predominantemente edificações com médio e alto padrão construtivo. Entretanto, deve-se considerar que se em algum evento de inundação ocorrer e todas as 902 residências forem atingidas sofreram algum tipo de dano, pelo menos, 3000 pessoas.

Nesta faixa foi identificado um total de 100 edificações para fins industriais, institucionais, comerciais e lazer, como também 18 torres de silos, utilizadas para armazenamento de grãos.

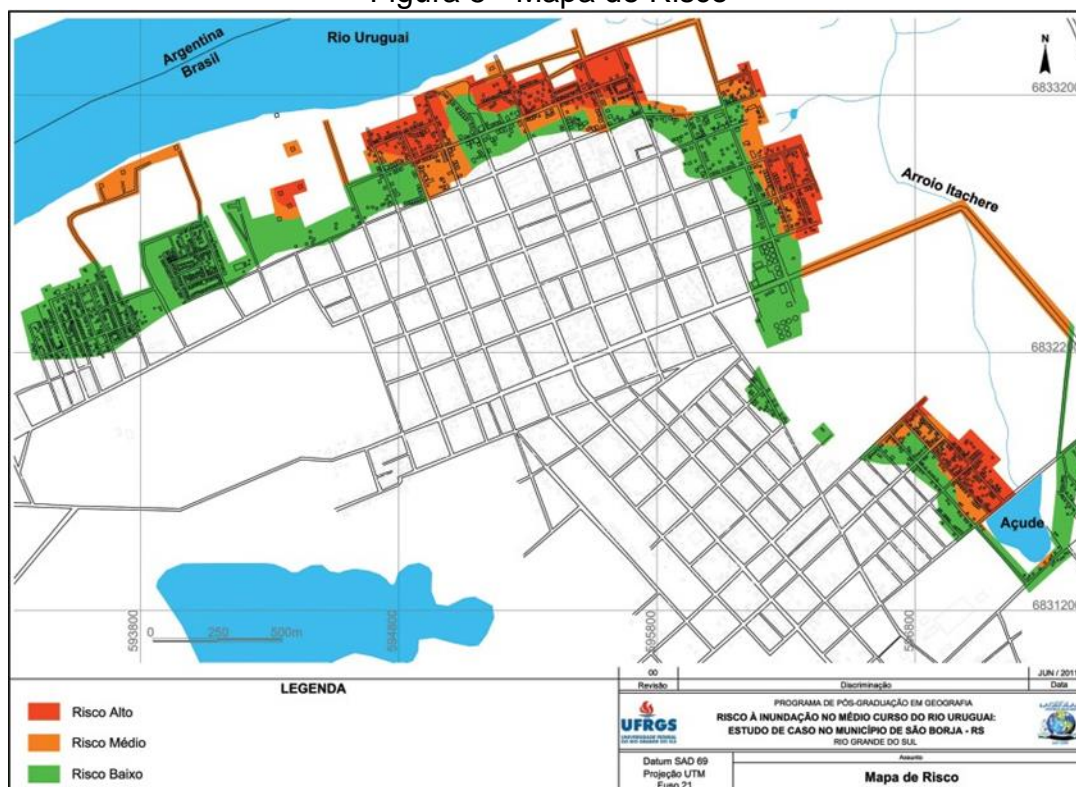
O médio risco ocorre quando os dois parâmetros de análise são médios; onde o perigo de ocorrer um evento é alto, mas a vulnerabilidade da população é baixa. Nesta zona, encontram-se um total de 239 edificações, sendo caracterizadas com médio e alto padrão urbano usadas com fins residências e comerciais (14 edificações somente).

A zona de alto risco é definida por um tempo de retorno inferior a 10 anos e as ocupações possuem predomínio de baixo e médio padrão construtivo. Nela encontram-se um total de 410 edificações.

Se todas essas residências fossem atingidas em um evento teriam que ser removidas em torno de 1.000 pessoas. Assim, explica-se a quantidade de pessoas desabrigadas/atingidas nos eventos registrados no município.

Para as edificações de baixo padrão estrutural as inundações são bem destrutivas, o efeito da duração da inundação sobre as residências quanto mais prolongadas forem, podem lhes causar danos irreparáveis. Se a inundação for da ordem de dias, exigirá que abandonem as casas.

Figura 5 - Mapa de Risco



A Prefeitura de São Borja tem buscado um gerenciamento das áreas de risco. Uma nova meta para o novo Plano Diretor é a desocupação abaixo da cota topográfica de 63 metros (faixa de alto risco, onde se encontram a maior quantidade de residências de baixo padrão estrutural), e que seja vedado o parcelamento do solo, para fins urbanos.

Ação importante realizada pela Prefeitura foi a retirada de muitas famílias nos últimos anos em situação de alto risco sendo recolocadas no bairro Itachere. Como o bairro Passo é o primeiro a ser atingido pelas inundações do Rio Uruguai, uma outra iniciativa foi a construção de uma bacia de detenção. A Prefeitura Municipal está propondo também a criação de uma nova área de preservação, este ainda é um projeto, mas que ajudará a prefeitura a controlar a ocupação dessas áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento das áreas de perigo, vulnerabilidade e risco de inundações, é indiscutivelmente fundamental ao desenvolvimento socioeconômico de São Borja.

Os resultados mostram a situação e localização da população residente nas áreas de risco, podendo ser geradas e aplicadas metodologias que venham a melhorar a qualidade de vida dessas pessoas, como também possuir um melhor convívio com as inundações, reduzindo os danos causados por esses eventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters developing countries. **Geomorphology**, v. 47, p.107-124, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de Treinamento. 2004, 73p.

CASTRO, C. M.; OLIVEIRA PEIXOTO, M. N.; PIRES DO RIO, G. A. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. ISSN 0101-9759, Vol. 28-2 / 2005 p. 11-30, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

COSTA, M. das G. A. et al. Avaliação de áreas de risco à inundação no perímetro urbano de Caratinga – MG através do uso de dados altimétricos provenientes do sensor aerotransportado LIDAR. In: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2009.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 2007. V1. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RECKZIEGEL, B. W; ROBAINA, L. E. S. Desastres Naturais no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005: Enchentes e Enxurradas. 2 SIBRADEN. **Anais...**, São Paulo: Santos, 2007.

RIGHI, E. **Risco a Inundação em Médio Curso do Rio Uruguai: um Estudo de Caso nos Municípios de Porto Lucena e São Borja**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Porto Alegre: UFRGS-POSGEA, 2011.

ZONEAMENTO DAS INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE ALEGRETE – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

Luís Eduardo de Souza Robaina; Tanice Cristina Kormann; Gerson Jonas Schirmer

<https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7310>

Resumo: No estado do Rio Grande do Sul um dos municípios com maior problema de inundação é Alegrete. Situado na porção sudoeste do estado, o município possui sua área urbana estabelecida às margens do Rio Ibirapuitã. O presente trabalho se fundamenta em dados relativos aos processos de inundação que afetaram o município entre os anos de 1980 e 2007. A partir destes, foi possível identificar a ocorrência de inundações graduais, bruscas e alagamentos afetando 30 bairros da área urbana municipal. Dessa forma, define a área suscetível a processos de inundação e o zoneamento do perigo de inundações na área urbana do município de Alegrete.

Palavras-chave: Inundação, suscetibilidade, perigo.

Abstract: In Rio Grande do Sul state the municipality with a major problem of flooding is Alegrete. Located in the southwest of the state, the municipality has established its urban area at edge of the Ibirapuitã river. This work is based on data for flooding processes that affected the urban area between 1980 and 2007. From these it was possible to identify the occurrence of different processes of flood affecting 30 districts of the urban area. Thus, defines the area susceptible to flooding processes and zoning of the hazard of flooding in the urban area of Alegrete.

Keywords: flooding, susceptible, hazard

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais, como inundações, estão diretamente vinculados à história do Homem e ao seu modo de apropriação e uso dos recursos naturais. Desde a formação dos primeiros agrupamentos humanos até a concepção das cidades modernas, a sociedade vem convivendo com a ocorrência destes eventos, gerando sérias perdas sociais e econômicas.

O papel do ser humano nos desastres está associado a ações que provocam aceleração dos processos e a intensificação das consequências, o que caracteriza o risco da ocorrência de eventos adversos. Cerri (1999, p.135) define risco como sendo “uma situação de perigo, perda ou dano, ao Homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos naturais”.

O município de Alegrete localiza-se na região sudoeste do Rio Grande do Sul, possuindo a maior área territorial do estado com extensão de 7.803,97 km². De acordo com os dados do Censo 2010, a população do município é de 77.673 habitantes (IBGE, 2011).

O início da ocupação do município está associado ao estabelecimento das Missões Jesuíticas Espanholas e ao processo de demarcação das fronteiras

entre a colônia portuguesa e as colônias espanholas na América do Sul. Neste momento, as primeiras instalações se dão às margens do Rio Ibirapuitã, onde atualmente está localizada a área urbana municipal.

Nesse contexto, é histórica a ocorrência de inundações, sendo um dos municípios gaúchos mais afetados por esta tipologia de desastre natural (RECKZIEGEL, 2007). Quanto aos processos de inundação que afetam o município, podemos citar as três principais tipologias: inundações graduais, inundações bruscas e os alagamentos.

As inundações graduais são processos caracterizados pela elevação gradual do nível d'água do canal, a qual tende a escoar gradualmente após algum tempo, podendo ocorrer de forma sazonal ou cíclica, atingindo as margens, chamadas de planícies de inundação. As inundações bruscas são caracterizadas por sua rápida evolução, em episódios de chuva intensa e concentrada, provocando elevações súbitas dos caudais e ocasionando um escoamento rápido e intenso. Por sua vez, os alagamentos podem ser definidos como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ou não ter relação com processos de natureza fluvial (MINISTÉRIO DAS CIDADES - IPT, 2007), sendo associadas geralmente à drenagem urbana ou microdrenagem, composta principalmente pela rede pluvial.

Os perigos, definidos por Zuquete et al. (1995) como eventos perigosos (hazards), são fenômenos naturais ou não, fatos sociais ou assemelhados que provocam algum tipo de perda aos componentes do meio ambiente, sendo caracterizados principalmente pela intensidade.

A identificação de perigo normalmente toma a forma de mapas de perigo. Estes podem ser preparados para um cenário único para um caso extremo de uma intensidade específica ou para vários níveis de perigo, definido pela intensidade ou probabilidade (DEYLE et al., 1998).

Existem dois tipos de mapas de inundação: mapas de áreas inundáveis e mapas de perigo de inundação. Os mapas de áreas inundáveis mostram as áreas suscetíveis de serem inundadas em virtude de sua proximidade com um rio, riacho, baía, mar, água ou outro curso ou corpo d'água, conforme determinado por informações disponíveis.

O presente trabalho apresenta uma discussão referente às inundações que afetam a área urbana de Alegrete, levantando a frequência de ocorrência do fenômeno nos bairros, delimitação espacial da área afetada, indicando a área suscetível bem como a área onde as inundações causam acidentes, envolvendo a população, definida como zoneamento das áreas de perigo aos processos de inundação.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir do inventário de desastres associados à inundação de 1980 a 2007 para o Estado do Rio Grande do Sul, onde o município de Alegrete se destaca pela frequência de registros de inundação. O inventário das inundações indica a frequência de ocorrência do fenômeno nos bairros da área urbana municipal.

O levantamento junto a Defesa Civil local permitiu detalhar o registro dos eventos no período de 1980 a 2007. Estas informações serviram de base para identificar o comportamento temporal e espacial das inundações que afetaram a área urbana de Alegrete no período considerado (ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J; 2010).

A partir da identificação dos bairros que apresentaram problemas associados às inundações, os trabalhos de campo permitiram localizar as áreas sujeitas à ocorrência do fenômeno.

Utilizou-se dados do relevo e rede de drenagem com auxílio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para determinar a área suscetível.

O Perigo a Inundação foi determinado através da identificação das áreas suscetíveis, o mapeamento da ocupação urbana e o registro de ocorrência levando em conta as diferentes características dos processos de inundação. Os limites de perigo foram confirmados através de um evento de inundação extrema em janeiro de 2010.

As análises dos processos de inundação identificadas permitiram determinar os fatores que influenciam em cada um dos bairros afetados. Foram identificados três processos distintos de inundação que afetam a área urbana municipal: inundações associadas a drenagem urbana de baixa hierarquia que provocam alagamentos e inundações bruscas; inundações associadas ao

afluente do Rio Ibirapuitã denominado Arroio Regalado e as inundações associadas ao Rio Ibirapuitã.

Para determinar o zoneamento do grau de perigo utilizou-se uma relação entre:

a) condições naturais dos canais (relativo à magnitude do evento) b) sua potencialidade destrutiva (em termos de impacto à comunidade afetada) e c) o número de eventos registrados (num período de 30 anos). Dessa forma os canais de pequena ordem representam uma condição de perigo, relativamente, mais baixa, enquanto os eventos associados ao Rio Ibirapuitã condição mais elevada. Quanto ao número de eventos identificou-se a suscetibilidade mais baixa dos bairros com 1 registro de evento, até os de mais alta suscetibilidade onde ocorrem mais de 6 eventos registrados.

Como ferramentas, a pesquisa empregou para a localização dos limites de inundação um Receptor GPSMAP 60CSx. A utilização do aplicativo SPRING versão 4.3.3 (disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE) permitiu a organização de um banco de dados com as informações do fenômeno, sendo utilizado o software ArcGis 9.3.3. para cruzamento dos planos de informação e o software Corel Draw para a finalização dos mapas.

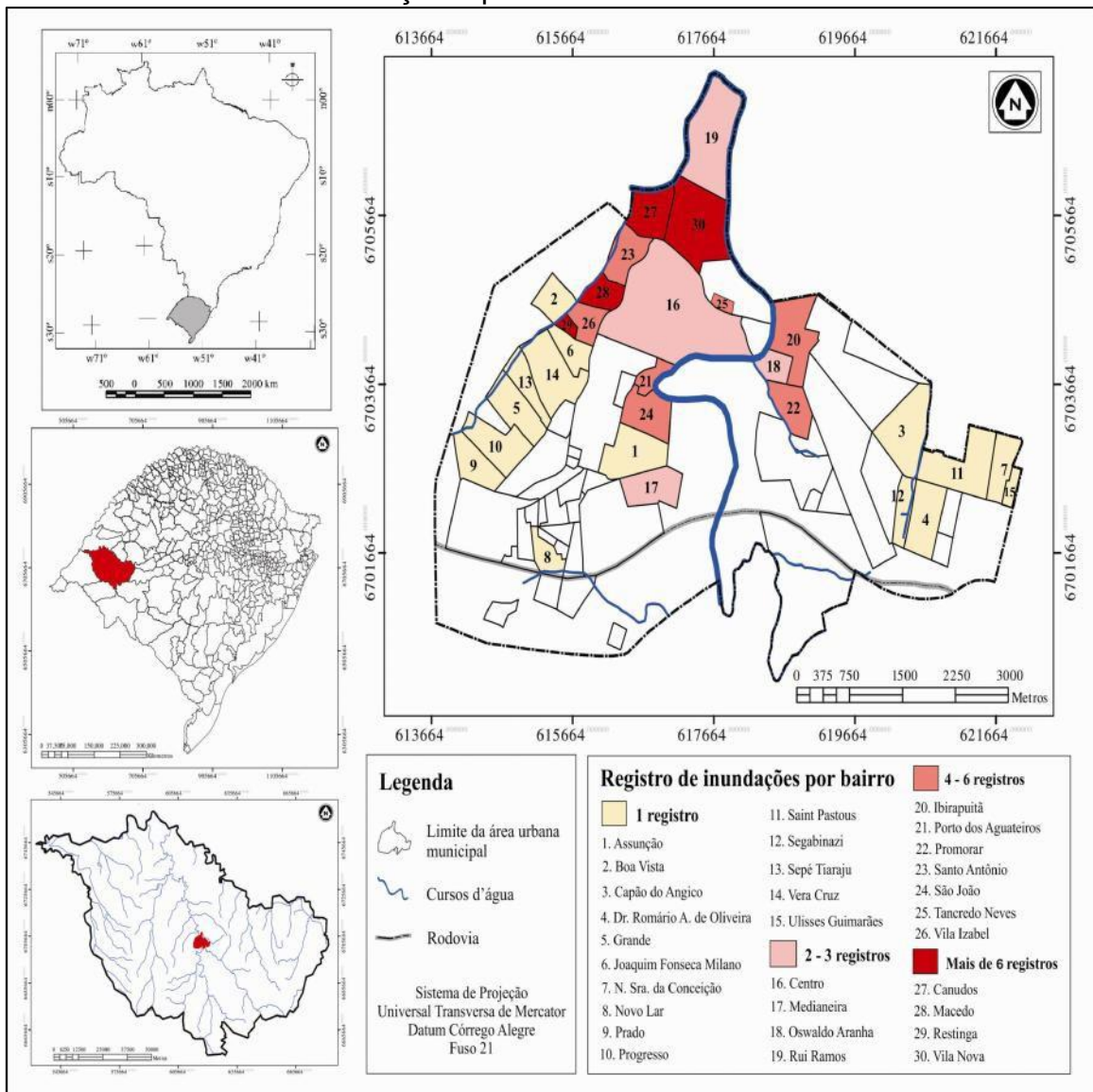
Como material empregado para realização deste trabalho tem-se a imagem de satélite disponível no software Google Earth, um mapa base da área urbana de autoria da Prefeitura Municipal de Alegrete e a carta topográfica na escala 1:50.000 (DIVISÃO DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - DSG, 1979).

RESULTADOS

O inventário das ocorrências de inundações apontou um total de 39 registros de acidentes/desastres provocados por inundações entre os anos de 1980 e 2007 em Alegrete, se constituindo um dos municípios mais afetados por este tipo de evento no Rio Grande do Sul.

Os trabalhos em detalhe permitiram identificar 30 bairros, dentro da área urbana, com registros de eventos. Conforme a representação da figura 1, os bairros Canudos, Macedo, Restinga e Vila Nova se destacam com a maior frequência de registros de inundações, com 8 eventos registrados nos 27 anos analisados.

Figura 1 – Localização da área urbana de Alegrete e frequência das inundações que afetam os bairros.



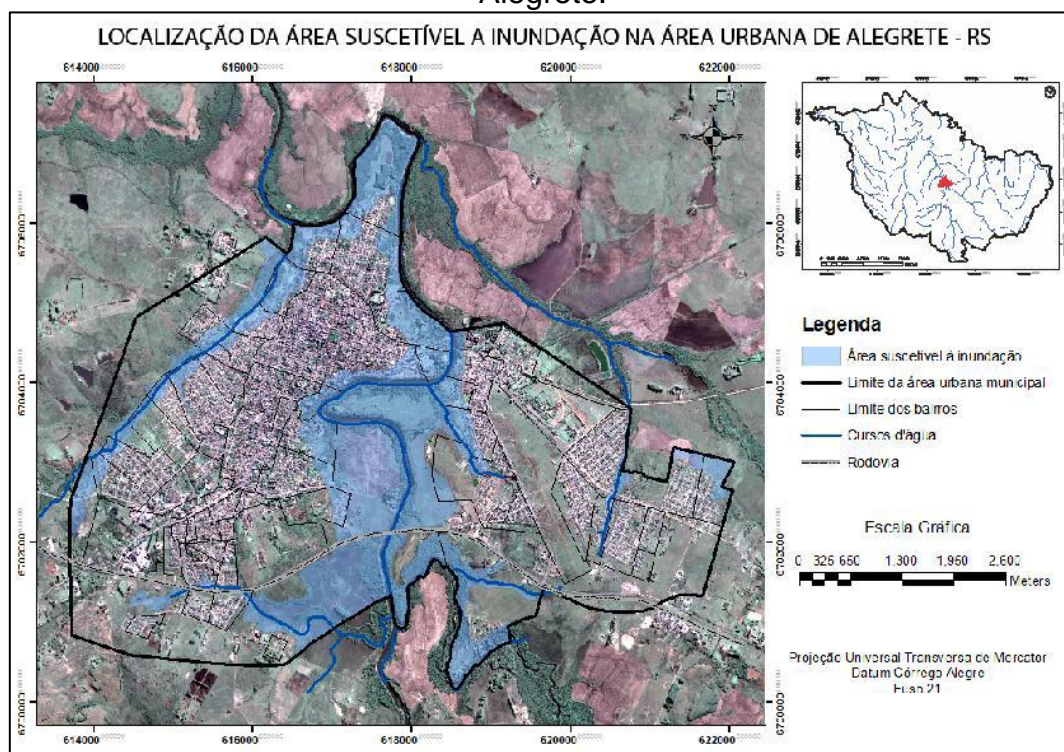
Análise das áreas susceptíveis a processos de inundação

A partir da espacialização da ocorrência de inundações nos bairros e as características geomorfológicas da área, foram determinadas as áreas susceptíveis a inundações. Essa identificação foi confirmada através do último evento ocorrido em janeiro de 2010.

A figura 2 apresenta a delimitação da área suscetível a processos de inundação sobreposta à imagem de satélite da mesma área. Como resultado foi identificado um total de 949,20 ha de área suscetível a processos de inundação

em toda a área urbana de Alegrete (3.129,55 ha), perfazendo, aproximadamente, 30% da área urbana municipal.

Figura 2 – Delimitação da área suscetível a inundação na área urbana de Alegrete.



Este resultado reflete o processo histórico da ocupação ocorrida na região, caracterizada pela instalação de moradias em áreas planas junto às margens do Rio Ibirapuitã e, o avanço desta ocupação em direção as drenagens afluentes, como o Arroio Regalado.

Caracterização dos processos de inundação

Conforme apresentado anteriormente, o sítio urbano de Alegrete encontra-se instalado circundando às margens do Rio Ibirapuitã. Situado na porção central da área urbana, este curso d'água é um canal de grande porte que possui suas nascentes nos municípios que fazem fronteira com o Uruguai. As inundações de maior potencial destrutivo e duração são provocadas pela elevação do nível do canal do Rio Ibirapuitã, caracterizando um processo de inundação gradual ou brusca que depende de uma combinação de fatores hidrológicos e meteorológicos ao longo de toda a bacia hidrográfica (ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J; 2010).

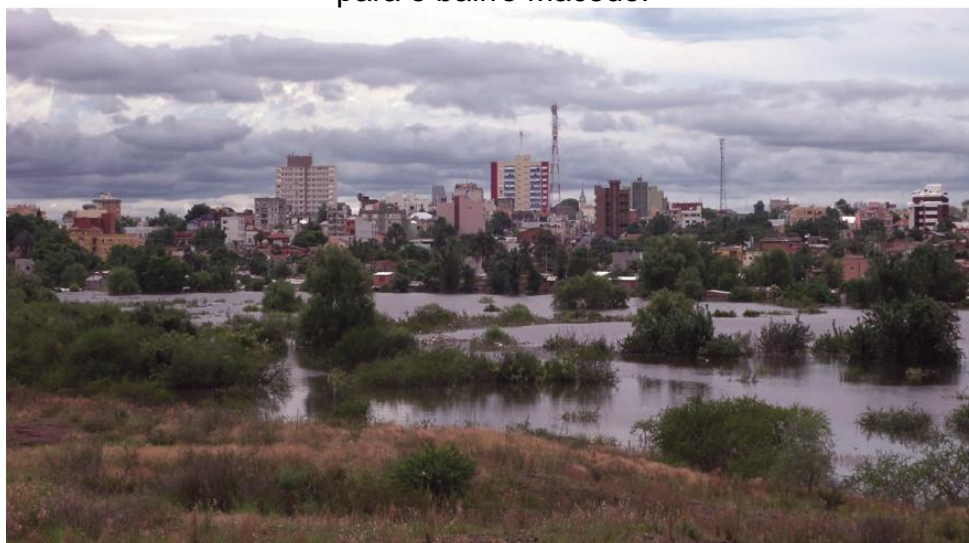
A fotografia 1 apresenta moradias atingidas pelo último evento de inundação do Rio Ibirapuitã em janeiro de 2010.

Outro processo de inundação está associado ao Arroio Regalado, que é um dos principais afluentes do Rio Ibirapuitã. Estando situado na porção oeste da área urbana ele apresenta freqüente extravasamento do canal para a planície de inundação (fotografia 2). O processo é favorecido pela baixa velocidade de fluxo, devido ao terreno levemente inclinado, no qual se encontra, e ao represamento das águas do Arroio Regalado, pelas cheias do Rio Ibirapuitã.

Fotografia 1 – Inundação gradual do Rio Ibirapuitã, no bairro Ibirapuitã, em evento de janeiro de 2010.



Fotografia 2 – Inundação no Arroio Regalado em janeiro de 2010 com vista para o bairro Macedo.



Além desses processos, em porções localizadas na área urbana de Alegrete, podemos destacar os problemas associados a alagamentos e enxurradas de pequenos canais fluviais. Este fenômeno se deve a precipitações de alta intensidade e curta duração, caracterizando um processo de inundação brusca fortemente associado à drenagens muito antropizadas de primeira e segunda ordem (fotografia 3). Na maior parte dos casos, a situação é agravada pela acentuada vulnerabilidade social da população.

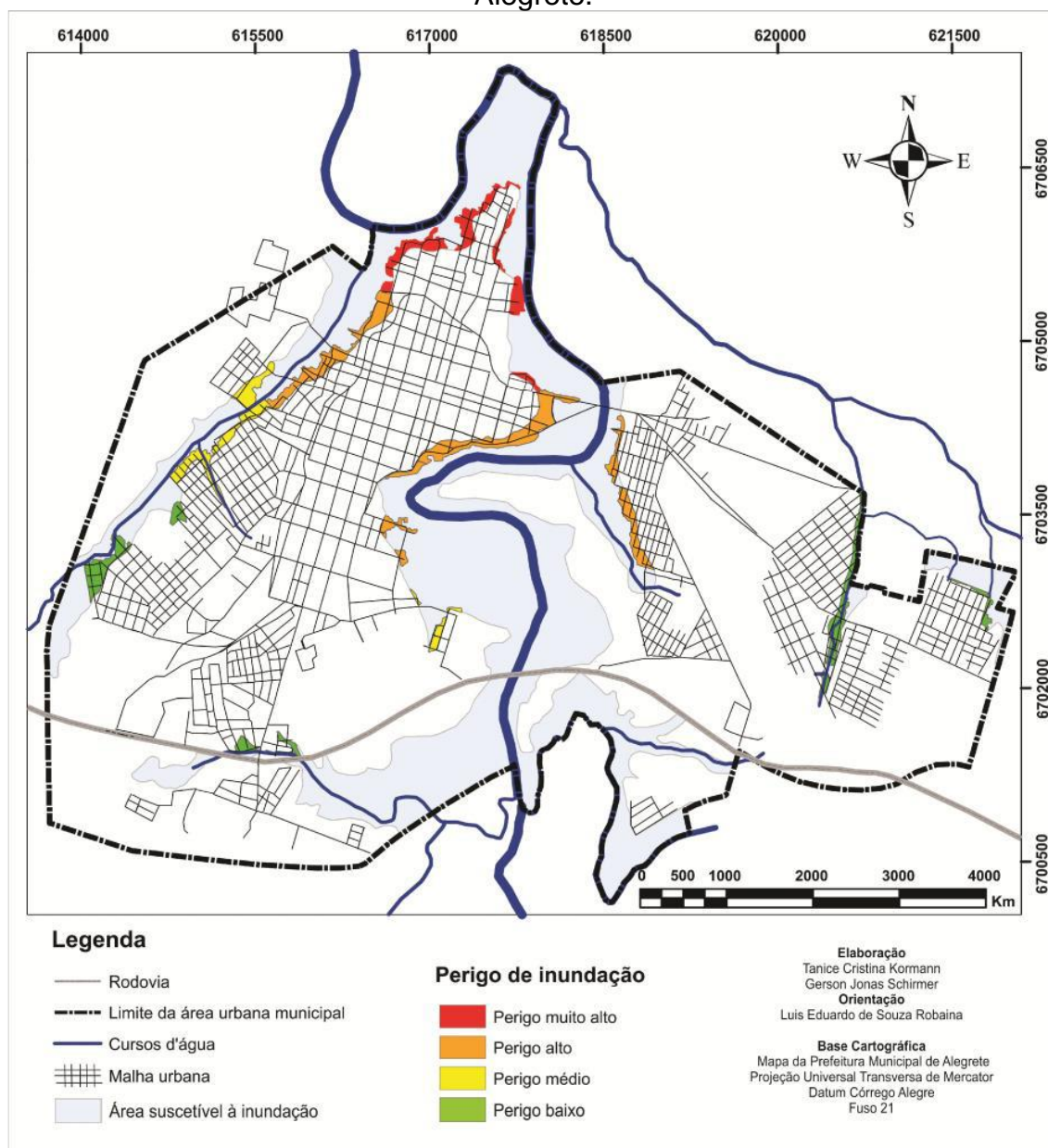
Fotografia 3 – Canal fortemente antropizado associado a processos de inundação brusca e alagamento no bairro Sepé Tiaraju, 2009.



Áreas com perigo de inundação

As áreas suscetíveis que se apresentam ocupadas por habitações se constituem nas áreas de perigo, ou seja, áreas onde a população sofre danos materiais e, até perda de vidas diante da ocorrência de inundações. Na figura 3, temos um mapa hierarquizando as áreas de perigo de inundação na área urbana do município de Alegrete.

Figura 3 – Delimitação da área com perigo de inundação na área urbana de Alegrete.



Os resultados obtidos mostram que do total da área suscetível, aproximadamente, 11% (103,25 ha) são definidas como de perigo. Considerando a área urbana do município, este valor equivale a cerca de 3% do total. Nestas áreas, ações estruturais e não estruturais precisam ser planejadas para minimizar as perdas que têm ocorrido a cada evento.

Na sequência, temos uma caracterização das classes de perigo apresentadas no mapa anterior.

Áreas de baixo grau de perigo

As áreas que foram consideradas de baixo nível de perigo referem-se as que possuem influência das drenagens de baixa ordem, afluentes do Arroio Jararaca na porção leste da área urbana de Alegrete. Como as que ocorrem nos bairros Capão do Angico (4), Dr, Romário (3), Saint Pastous(11), Segabinazi (12) Nossa Senhora da Conceição (7) e Ulisses Guimarães (15). Além dessas, ao sul da área urbana o bairro Novo Lar (8), também é afetado por alagamentos de um canal de pequeno porte devido a barramentos provocados pela rodovia.

Nessas áreas, a ocorrência de alagamentos são associados a chuvas bruscas e problemas de barramentos e assoreamentos. O perigo está intensificado pela fragilidade social da população residente, que possuem suas moradias instaladas junto à drenagem. O gerenciamento da situação depende da realização de obras de infraestrutura.

Ainda há áreas de baixo perigo na porção do alto curso do Arroio Regalado nos bairros Prado (9), Progresso (10) e Grande (5), onde existem registros de somente um evento. Nesta porção do curso d'água as inundações estão associadas a chuvas intensas, caracterizando enxurradas.

Áreas de médio grau de perigo

Estão associadas, principalmente, ao médio curso do Arroio Regalado afetando os bairros Sepé Tiaraju (13), Vera Cruz (14), Joaquim Milano (6) e Boa Vista (2).

Estão classificadas, também, como médio risco as inundações que ocorrem nos bairros Medianeira (17) e Assunção (1) ao sul da área urbana, associadas a pequenas drenagens, mas com influência direta do Rio Ibirapuitã através dos barramentos do escoamento na foz.

Áreas de alto grau de perigo

O grau alto de perigo é verificado nos bairros localizados na porção central da área urbana, situados na margem esquerda do Rio Ibirapuitã, como é o caso dos bairros São João (24), Porto dos Aguateiros (21), Centro (16) e na margem direita afetando os bairros Oswaldo Aranha (18), Ibirapuitã (20) e Promorar (22). Estas definem uma área com processo de inundação vinculado ao Rio Ibirapuitã com 2 a 6 registros de eventos.

Áreas de muito alto grau de perigo

O grau mais elevado de perigo está localizado na porção centro-norte da área urbana, estando associado à confluência do Rio Ibirapuitã e seu afluente o Arroio Regalado. A situação mais crítica de perigo se deve à permanência do processo de inundação, que está associado a eventos de inundação de maior magnitude e resulta em um tempo de permanência maior do evento afetando a comunidade.

Os efeitos da inundação ocorrem nos bairros do baixo curso do Arroio Regalado; Macedo (28), Vila Isabel (26), Santo Antônio (23) e Restinga (29), assim como os bairros que tem influência direta do Rio Ibirapuitã; Rui Ramos (19), Vila Nova (30), Canudos (27) e Tancredo Neves (25).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ordenamento do território e a planificação ambiental requerem o conhecimento dos aspectos e pormenores da superfície terrestre que influenciem as atividades humanas ou que possam ser afetados ou alterados por estas. Os mapas de zoneamento ambiental são muito efetivos como fontes de informações, principalmente em pequenos municípios, pois possuem um grande papel no sistema de mitigação e prevenção. Dessa forma, o presente trabalho se apresenta como uma ferramenta para apoiar as atividades pré-impacto que exercem uma influência decisiva no grau de vulnerabilidade das populações a eventos naturais. As situações encontradas no contexto pós-desastres podem ser entendidas como extensão das condições de organização na fase pré-desastre.

AGRADECIMENTOS

Ao professor da URCAMP – Alegrete, Fabiano da Silva Alves pela contribuição com informações e apoio logístico.

REFERÊNCIAS

CERRI, Leandro Eugênio Silva. “Riscos geológicos urbanos”. In: CAMPOS, Heraldo; CHASSOT, Attico. (Orgs.). **Ciências da terra e meio ambiente: diálogos para (inter)ações no planeta**. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999. p. 133 - 146.

DIVISÃO DE SERVIÇO GEOGRÁFICO - DSG. **Carta Topográfica: Alegrete, Folha SH.22-V-D-III-2**. 3. ed, 1979. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Resultados do Censo 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/primeiros_dados_divulgados/index.php?uf=43> Acesso em: 07 mar. 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. de; OGURA, A. T. (org) –**Brasília: Ministério das cidades**; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

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) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, Santa Maria - RS.

ROBAINA, L. E. S.; KORMANN, T. C.; SCHIRMER, G. J.; Inventário dos processos de inundação no município de Alegrete – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7., 2010. Maringá. **Anais...** Maringá: 2010. CD-ROM. s/p.

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O.J.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. Considerações básicas sobre a elaboração de cartas de zoneamentos de probabilidade ou possibilidade de ocorrer eventos perigosos e de riscos associados. **Geociências**, São Paulo, v.14, n.2, p.9-39. 1995.

CONTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA SOBRE OS DESASTRES NATURAIS PROVOCADOS POR EVENTOS ATMOSFÉRICOS EXTREMOS NO RIO GRANDE DO SUL

Luís Eduardo de Souza Robaina; Bernadete Weber Reckziegel; Cássio Arthur Wollmann

DOI: <https://doi.org/10.5902/223649948742>

Resumo: O estudo apresenta uma análise espacial e temporal de eventos de caráter exclusivamente atmosféricos extremos que provocaram elevadas perdas sociais e materiais no período de 1980 a 2005. Os dados foram sistematizados a partir de consulta dos arquivos da Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, os arquivos do jornal Zero Hora e dos decretos publicados no Diário Oficial. Os eventos atmosféricos apresentados estão associados a redução das precipitações a níveis inferiores ao normal por um determinado tempo (estiagens) e a ação eólica extrema (vendavais, tornados e furacão).

Palavras-chave: Desastres Naturais; Estiagens; Processos Atmosféricos; Vendavais; Área de Risco.

Geographic contribution on natural disasters caused by atmospheric extreme events in Rio Grande do Sul

Abstract: The study presents a spatial and temporal analysis of extremes atmospheric events that caused significant social and material losses in the period from 1980 to 2005. The data were researched and organized from the Zero Hora newspaper data base, from the Civil Defense and from the Official Journal of the Rio Grande do Sul State. The presented atmospheric events are associated with the rainfall reduction for a certain time (droughts) and the occurrence of extreme wind action (storm, tornado and hurricane).

Keywords: Natural disasters; Droughts; Atmospheric processes; Storm, Risk area

INTRODUÇÃO

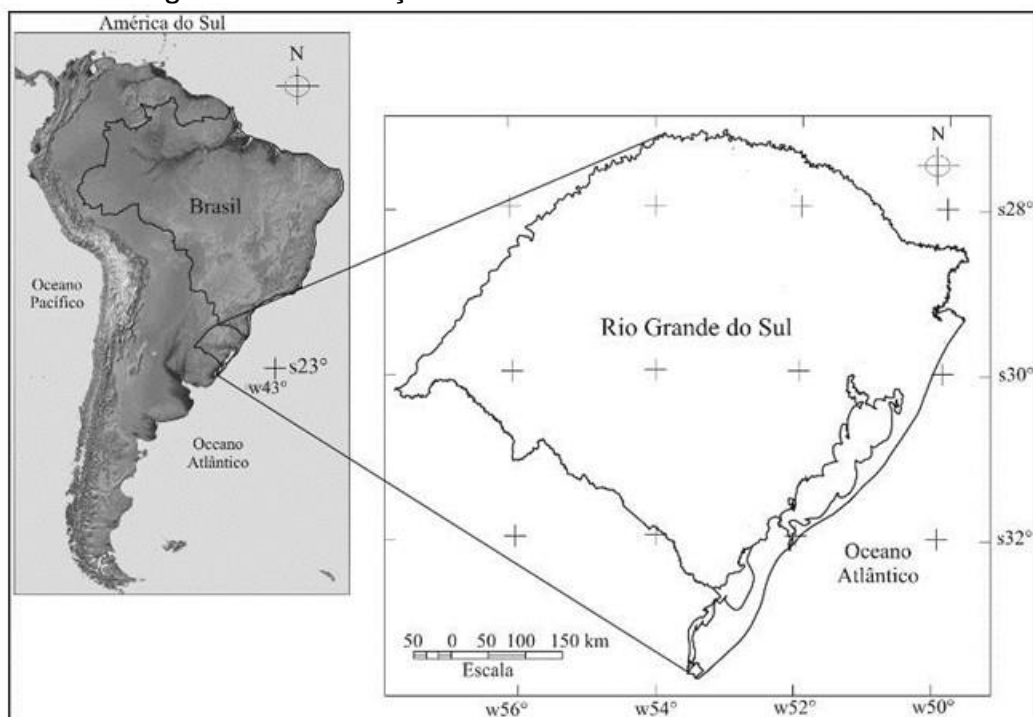
Os eventos naturais extremos são aqueles provocados por fenômenos da natureza e produzidos por fatores relacionados com a geodinâmica terrestre externa que atuam independentemente da ação humana, como é o caso dos desastres atmosféricos.

O estado do Rio Grande do Sul localizado no extremo sul do Brasil, com uma área de 281.748,538 km² e uma população de 10.576.758 habitantes (IBGE, 2010), distribuídos em 496 municípios é seguidamente afetado por eventos atmosféricos extremos que causam danos e, também, perda de vidas humanas (Figura 1).

A posição do estado, em médias latitudes, faz com que seja atingido, principalmente, por três centros de ação: o Anticiclone Tropical Atlântico, a Depressão do Chaco, e os anticiclones móveis de origem polar (Anticiclone Polar). O anticiclone do Atlântico é sistema de alta pressão do tipo permanente (semi-fixo), situado sobre o Atlântico Sul com centro em torno de 30°S que

apresenta variações e deslocamentos com periodicidade sazonal (NIMMER, 1990).

Figura 1- Localização do estado do Rio Grande do Sul.



Esse centro de alta pressão é mais forte nos meses de inverno e torna-se mais fraco, deslocando-se para menores latitudes, no verão. Este centro de divergência constitui-se na principal fonte de massas de ar tropicais marítimas, que se caracterizam por temperaturas elevadas e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima, que intervém de maneira importante, no quadro de circulação atmosférica do Sul do Brasil (NIMMER, op. cit.).

Os sistemas anticiclônicos de origem polar propagam-se para baixas latitudes, apresentando grande mobilidade. Eles transportam massas de ar de origem polar, que, no início de seu deslocamento, são estáveis e apresentam baixas temperaturas e baixa umidade. O anticiclone polar desloca-se sobre o Pacífico e cruza os Andes em diversas latitudes, de acordo com a estação do ano. A trajetória efetuada por esta alta pressão, sobre o continente sul-americano, acaba determinando diversos tipos de tempo sobre a Região Sul do Brasil. Este anticiclone, de notável deslocamento, tem tanta importância na

circulação atmosférica quanto o anticiclone subtropical do Atlântico. (MONTEIRO e FURTADO, 1995 e MONTEIRO, 2001).

Esse entendimento sobre a participação dos diferentes centros de ação, tanto inter quanto extratropicais, pode ser resumido, conforme salienta Sartori (2003, p. 28):

Como toda a Região Sul do Brasil, o território sul-rio-grandense situa-se em zona climaticamente de transição e, por isso, as principais características climáticas da área de estudo refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo. Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico. Entretanto, ocorre evidente variabilidade têmporo-espacial das precipitações, ocasionando episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano e que refletem alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal [...], em parte provocadas pelos, hoje conhecidos, fenômenos de “El Niño” e “La Niña”.

Entre os sistemas de alta pressão (Anticiclone Tropical Atlântico e Anticiclone Polar), acima, surge uma zona de depressão que se constitui numa descontinuidade para a qual converge o vento das duas massas de ar (Frentes Polares) tornando o tempo instável e geralmente chuvoso.

Ainda, conforme conclui Sartori (op. cit., p. 28), da interação entre os centros de ação e correntes perturbadas que participa na gênese do clima no Rio Grande do Sul, são:

... os fatores dinâmicos é que determinam a gênese do clima da região e controlam a sucessão e a definição dos tipos de tempo, que pouca (ou quase nenhuma) interferência sofrem dos fatores geográficos regionais, representados principalmente pela altitude, relevo, continentalidade e vegetação, responsáveis apenas por variações dos valores dos elementos climáticos como temperatura, pressão atmosférica, vento, umidade, entre outros. Por isso, os valores desses elementos são apenas indicadores de determinado estado atmosférico definido pela circulação regional e são maiores ou menores por influência dos fatores de variação.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo consistiu na realização de uma análise da distribuição espacial e a época do ano que ocorrem eventos de caráter exclusivamente atmosféricos extremos, no Rio Grande do Sul, e que provocaram

perdas econômicas no estado e, algumas vezes, perda de vidas humanas no período entre os anos de 1980 a 2005.

METODOLOGIA

Os dados com as ocorrências de desastres naturais desencadeados por eventos atmosféricos entre 1980 e 2005 representam uma sistematização de informações realizada por Reckziegel (2007) a partir da consulta aos arquivos da Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, os arquivos do jornal Zero Hora e dos decretos publicados no diário oficial.

Os dados foram organizados pela autora através de um banco de dados, onde foram compiladas as informações referentes ao município, data do evento e se houve a homologação de decreto de Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública e a extensão dos danos.

Os eventos definidos como estiagem são caracterizados por uma condição de redução da precipitação anual inferior a 1100 mm anuais e 275 mm sazonais, conforme apresenta Wollmann (2011) na sua metodologia, pois estes totais pluviométricos frequentemente causam perdas econômicas ao Estado.

Os produtos cartográficos apresentados estão indicando somente os municípios mais atingidos. Como a análise foi realizada em 26 anos definiu-se o número de 10 eventos como mais significativo, pois indica uma possibilidade superior a 40% de ocorrência de um evento para cada ano pesquisado (RECKZIEGEL, op. cit.).

A representação dos dados foi realizada através de gráficos, tabelas e mapas. Os gráficos e tabelas foram realizados com auxílio do software Microsoft Excel 2010. O georreferenciamento e os mapas foram realizados com auxílio do aplicativo SPRING 4.1 e do Corel Draw 12.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os eventos atmosféricos que causam desastres naturais no estado estão associados a redução das precipitações a níveis inferiores ao normal por um determinado tempo, conhecido como estiagens, e a ação eólica extrema como os vendavais, tornados e, até mesmo, furacão.

Estiagens

De acordo com Castro (2003, p. 55) “as estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada”, ocorrendo uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos normais. Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores.

Neste contexto, o autor afirma que uma estiagem ocorre quando o início da temporada chuvosa atrasa por um prazo superior a quinze dias ou quando as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada.

Gonçalves et al (2004) trazem em seu trabalho a definição de estiagem apresentada no Glossário de Meteorologia da Associação Americana de Meteorologia (AMS), no qual o termo é definido como um período anormal de tempo seco, suficientemente longo para causar um sério desequilíbrio hidrológico, dependendo das características normais de precipitação de cada área e das atividades nela desenvolvidas. Os autores colocam ainda que, segundo a AMS, a climatologia britânica considera uma estiagem como um período mínimo de 15 dias em que tenha ocorrido um decréscimo da precipitação diária.

Eventos de estiagem prolongada têm sido registrados frequentemente no Rio Grande do Sul, principalmente em episódios de La Niña. Inúmeros municípios sofrem constantemente com a falta de chuvas, que causam prejuízos incalculáveis à produção agrícola e agropecuária, importante fonte de recursos do estado, além de prejudicar o abastecimento de água para a população em muitas localidades.

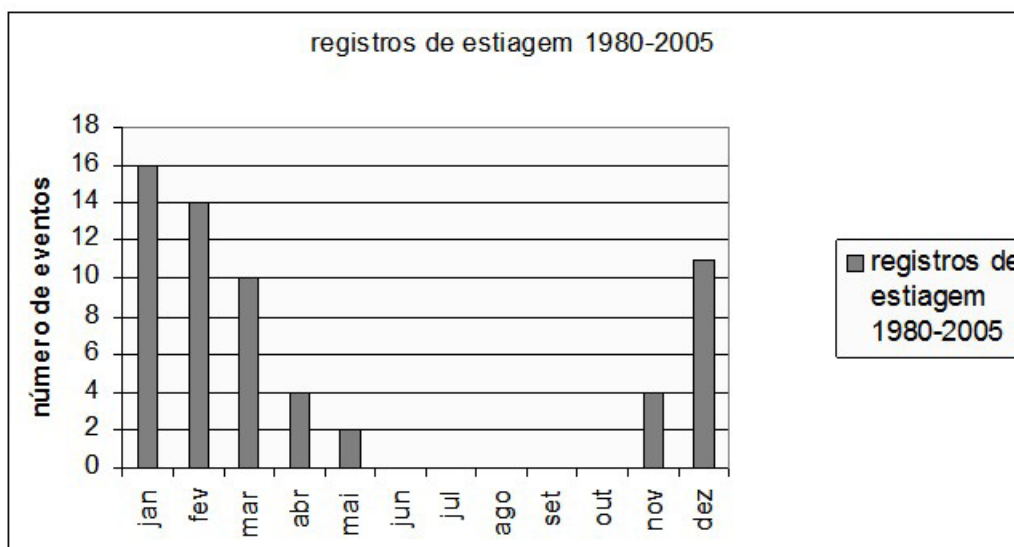
De acordo com o CPTEC/INPE (1998) os principais efeitos de episódios do La Niña sobre o regime pluviométrico observados sobre o Brasil são: passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência à diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul. Em geral, os episódios de La Niña começam a se desenvolver em meados de um ano, atingem sua intensidade máxima no final daquele e dissipam-se em meados do ano seguinte.

De acordo com Oliveira (2001a; 2001b), de maneira geral, episódios de El Niño e La Niña têm frequência de 3 a 7 anos, sendo que o intervalo de um evento ao outro pode variar de 1 a 10 anos. Os episódios La Niña têm períodos de aproximadamente 9 a 12 meses e, somente alguns eventos persistem por mais que 2 anos.

No período analisado, entre os anos de 1980 e 2005, foram registradas 2.836 ocorrências de desastres desencadeados por estiagens, sendo homologados 2.114 decretos de Situação de Emergência e 22 de Estado de Calamidade Pública.

A maior parte dos eventos intensos teve início no mês de novembro (primavera) crescendo até atingir o ponto máximo de registro em janeiro (verão) e diminuíram até maio (outono), conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Registros mensais de estiagem entre os anos de 1980 a 2005 no estado do Rio Grande do Sul.



Na figura 3 pode ser observada uma paisagem gerada pela estiagem na região noroeste do estado.

A distribuição espacial dos municípios com registro do evento mostra que são as porções norte-noroeste, oeste e sul-sudoeste as mais afetadas pelas estiagens no período de 1980 a 2005 conforme apresenta a Figura 4.

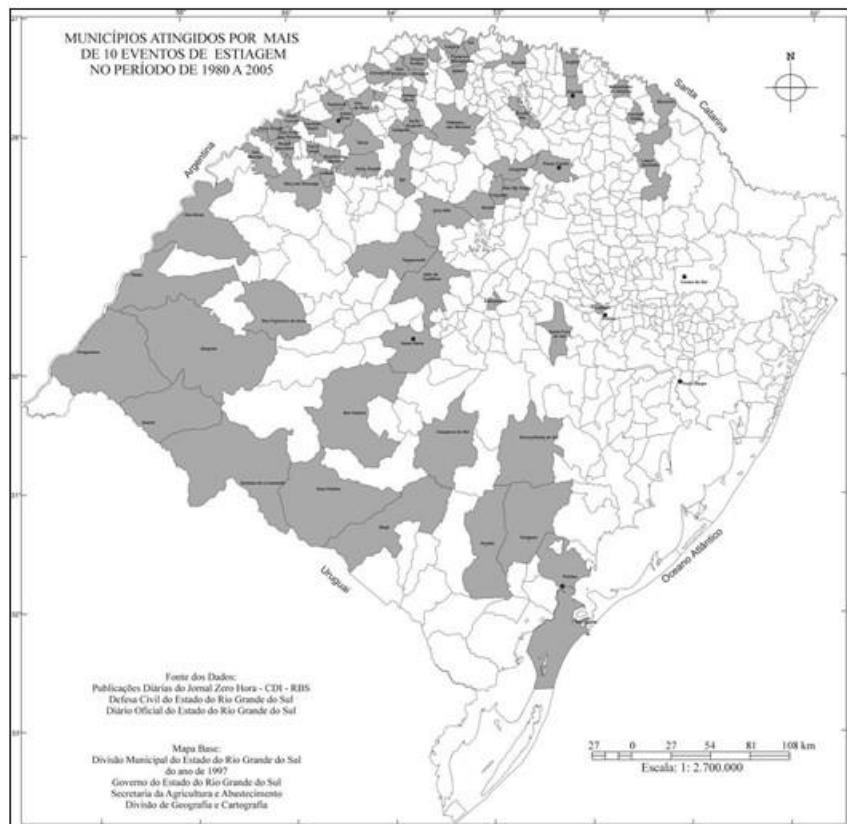
Entre os municípios com maior número de desastres registrados está Uruguaiana na região oeste com 19 eventos, seguido por Bagé na região sul e

Santo Ângelo, na região noroeste, com 18 ocorrências e Cruz Alta, no noroeste, com 17 ocorrências.

Figura 3 - Paisagem gerada pela estiagem na região noroeste do estado.



Figura 4 – Municípios mais atingidos por eventos de estiagem no estado do Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005.



Essas áreas do estado, frequentemente atingidas pelas estiagens, são justamente as que Fontana e Berlato (1997) apontaram como as que sofrem maior impacto na precipitação durante eventos de La Niña, sendo que o déficit de chuva pode chegar a 120 mm nestas regiões.

Desastres naturais pela ação eólica

Vendavais

As tempestades representam o estágio final de crescimento de uma instabilidade convectiva. Diversos mecanismos são responsáveis por sua origem, mas os resultados das tempestades normalmente são similares. O sistema de nuvens associado com as tempestades, chamadas de cumulonimbus, se caracterizam por um grande desenvolvimento vertical (COLE, 1980).

Muitas vezes, ocorrem associadas à passagem de frentes frias, sendo que sua força será tanto maior quanto maior for a diferença de pressão das massas de ar em frontogênese.

Segundo Marcelino et al. (2004a) condições de tempo associadas a ocorrência de sistemas frontais (frentes frias), sistemas convectivos isolados (tempestades de verão), ciclones extratropicais, entre outros, podem ocasionar vendavais intensos. Essas condições de tempo ocorrem praticamente em todo o Brasil, segundo o autor, a variação dá-se em função das estações do ano, isto é, alguns sistemas atmosféricos são mais frequentes e intensos em uma determinada época, como, por exemplo, as sucessivas entradas de frentes frias no território Sul-rio-grandense durante o inverno e início de primavera (SARTORI, op. cit.).

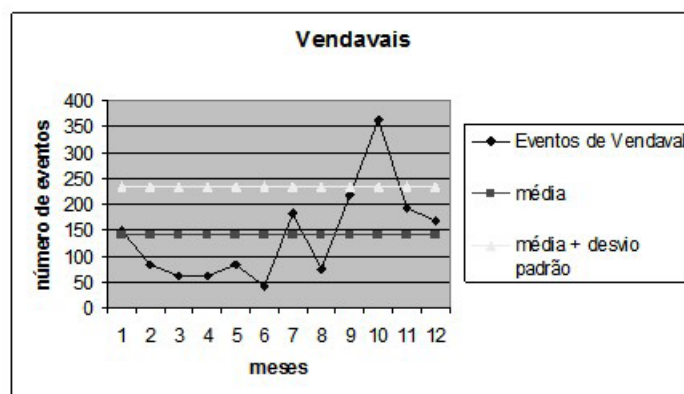
A ocorrência de tempestades está diretamente relacionada com eventos pluviais intensos, ventos fortes, precipitação de granizo, e descargas elétricas. Estas tempestades são formadas por nuvens com elevado desenvolvimento vertical (cumulonimbus), dando origem a grandes áreas de instabilidades (MARCELINO et al. 2004a, p. 796).

Chapman (1997) acrescenta que as tempestades são as mais “perversas” de todos os riscos naturais, sendo que não há nenhum lugar do planeta em que elas não possam ocorrer.

No período analisado, foram registradas 1.344 ocorrências de desastres causados por vendavais em municípios do Rio Grande do Sul. Foram homologados 437 decretos de Situação de Emergência e 17 de Estado de Calamidade Pública. Com relação aos vendavais acompanhados de precipitação de granizo foram registradas 357 ocorrências, sendo homologados 181 decretos de Situação de Emergência e 9 de Estado de Calamidade Pública.

Os vendavais são muito significativos no mês de outubro e importantes nos meses de julho, setembro, novembro e dezembro, sendo, portanto, a primavera o período do ano em que mais municípios são afetados conforme pode mostra a Figura 5.

Figura 5 – Registro mensal de eventos de vendavais no período de 1980 a 2005 no estado do Rio Grande do Sul.



A distribuição espacial dos municípios com registro de vendavais, no período de 1980 a 2005, indica que esses eventos ocorrem em todas as regiões no estado conforme apresenta a Figura 6, com danos mais significativos nos municípios com maiores áreas urbanas.

Destes municípios destacam-se Santa Maria (Figura 7), situada na região central, e Porto Alegre, na Região Metropolitana, com 43 e 42 ocorrências, respectivamente, e Passo Fundo, na região norte, onde foram registradas 37 com decretos.

Tornados

Um tornado, de acordo com Chapman (1997), é uma coluna estreita de ar giratório que se estende da base de uma nuvem cumulonimbus até a superfície terrestre.

Figura 6 - Municípios mais afetados por eventos de vendavais registrados no estado do Rio grande do Sul entre 1980 a 2005.

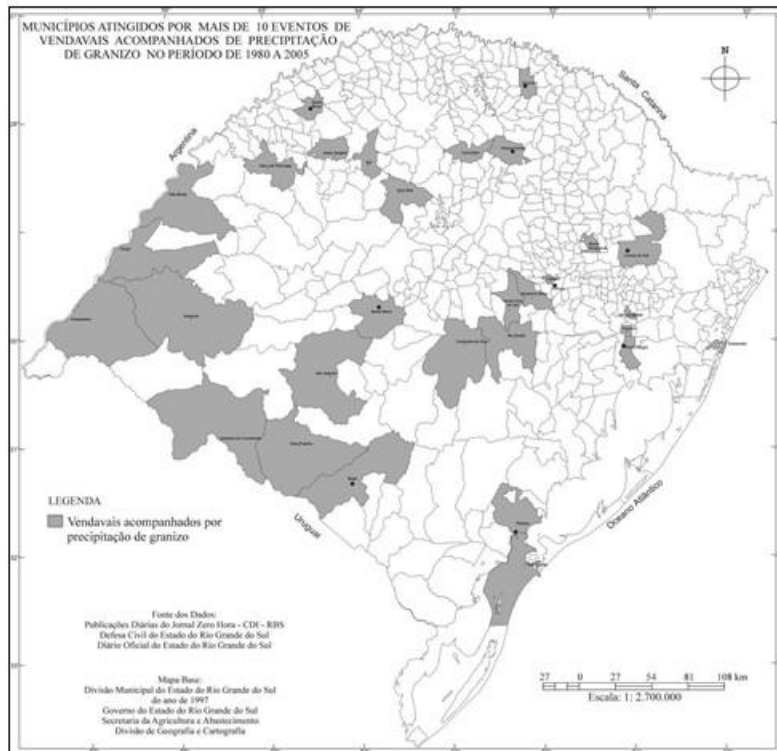


Figura 7 – Destruição em moradias atingida por um vendaval ocorrido em 12 de setembro de 2002, na cidade de Santa Maria.



Dessa forma, os tornados superam a violência dos furacões, mas, em contrapartida, sua duração, bem como a extensão da área afetada, é menor, sendo desta forma, fenômenos de pequena escala. O diâmetro típico de um

tornado, segundo Pickering e Owen (1994), varia de 150 a 600 metros, podendo chegar a 1.500 metros.

A ocorrência de tornados no sul do Brasil, mesmo sendo um evento incomum em comparação com outros fenômenos meteorológicos, não é um evento extraordinário, sendo que ocasionalmente ocorrem condições atmosféricas propícias para a ocorrência de tempestades convectivas severas capazes de gerar granizo, rajadas de vento e tornados (Nascimento e Marcelino, 2005; Marcelino et al., 2004b).

A análise temporal realizada entre os anos de 1980 e 2005, identificou o registro de apenas seis ocorrências de desastres causados por tornados (nos anos de 1990, 1991, 2002, 2003 e 2005). Isto se deve, em parte, à falta de conhecimento na definição do evento. Muitos tornados foram registrados erroneamente pelos meios de comunicação e, também, pela defesa civil, como vendaval, ciclone ou simplesmente como uma tempestade.

Para definir tornados considera-se uma destruição ocasionada por uma “nuvem funil” ou “redemoinho” que segue uma trajetória linear. Quando a destruição for causada por ventos abrangendo em extensa área, tratar-se-á de um vendaval.

A ocorrência destes tornados no estado do Rio Grande do Sul foi marcada pela homologação de 2 decretos de Situação de Emergência e 2 de Estado de Calamidade Pública.

Os municípios com registro de desastres causados por tornado estão situados, em sua maioria, na porção nordeste do estado, destacando-se Antônio Prado, Muitos Capões, Santo Antônio da Patrulha e São Francisco de Paula (Figura 8). Também ocorreu um evento em Porto Alegre, na Região Metropolitana; e São José do Norte, situado no litoral sul.

Ciclones extratropicais - o “Catarina”

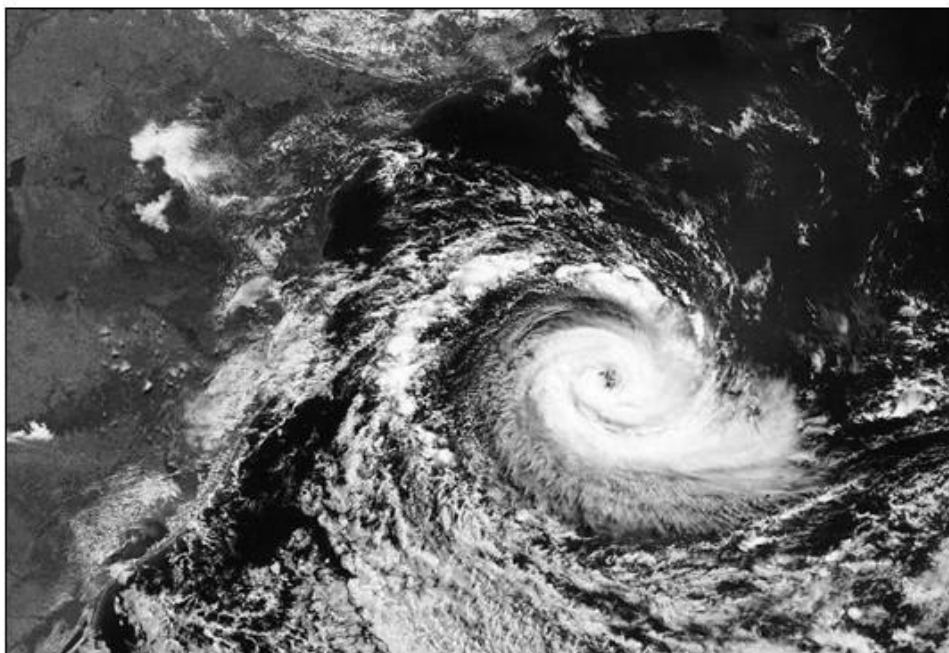
Entre os dias 23 e 28 de março de 2004 um raro evento formou-se no Atlântico Sul e moveu-se para oeste causando grandes destruições e mortes no sul do Brasil, principalmente no estado de Santa Catarina. Este evento foi nomeado “Furacão Catarina”, no entanto, sabe-se que se trata de uma frente oclusa (ciclone extratropical), que evoluiu para uma condição de furacão com classificação F1.

Figura 8 - Moradias atingidas por tornado (município de São Francisco de Paula em julho de 2003). Fonte: Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul.



O “Furacão Catarina” foi detectado pelas imagens de satélite como um sistema convectivo com um escudo de nuvens de forma circular cercando um “olho” livre de nuvens. A Figura 9 mostra uma imagem do Furacão Catarina obtida no dia 27/03/2004 pelo sensor MODIS do satélite TERRA.

Figura 9 - Imagem do Furacão Catarina obtida no dia 26/03/2004 pelo sensor MODIS do satélite TERRA. Fonte: NASA, 2007.



O evento atingiu 5 municípios do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul e do litoral sul do estado de Santa Catarina. Formou-se no Atlântico Sul e moveu-se para oeste causando grandes destruições e mortes. Foram homologados 3 decretos de Situação de Emergência no estado do Rio Grande do Sul.

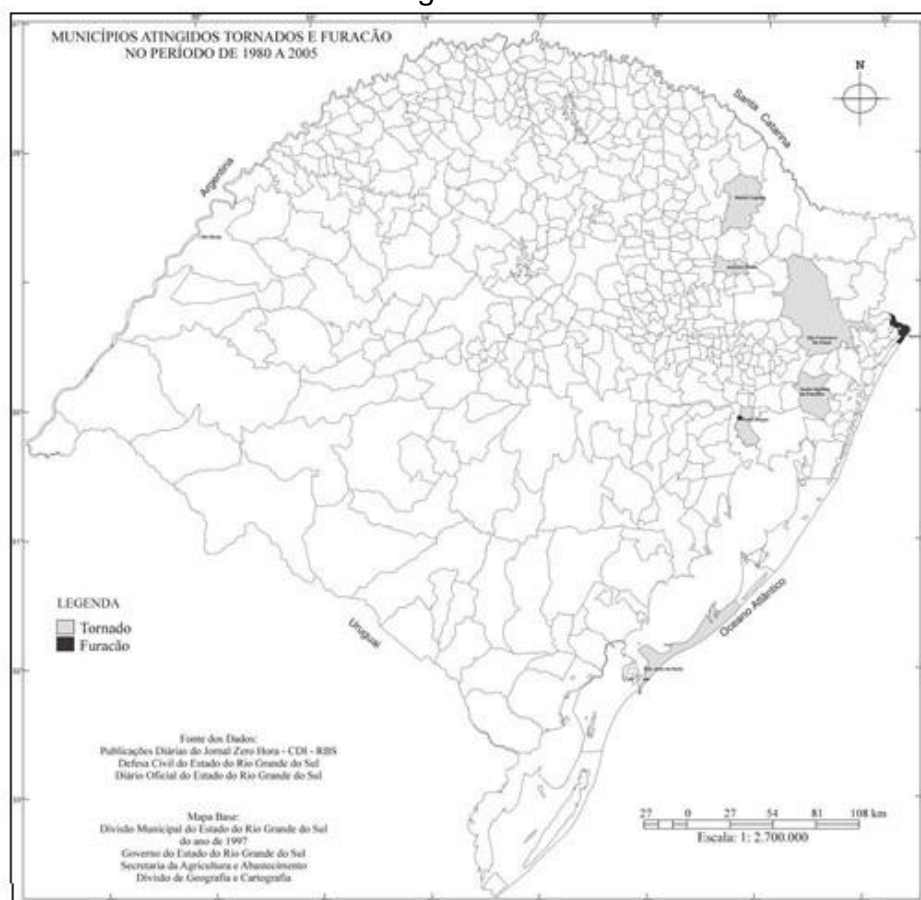
Conforme Marcelino et al. (2005), devido a passagem do “Furacão Catarina foram destruídas 2.194 edificações e outras 53.274 foram danificadas, o que representou 36,4% das edificações da região (Figura 10). Apesar dos elevados danos, o Catarina foi classificado somente como categoria 2, que corresponde a ventos de 154 a 177 km/h.

A distribuição espacial dos municípios com registro de tornados e do furacão no período de 1980 a 2005 (Figura 11), mostra que esses eventos afetaram o leste do estado próximos ao litoral.

Figuras 10- Moradias destruídas e danificadas pelo Catarina no município de Torres em março de 2004. Fonte: Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul.



Figura 11 – Distribuição espacial de municípios afetados por tornados e pelo furacão no estado do Rio grande do Sul entre 1980 a 2005.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os eventos atmosféricos extremos têm causado muitos danos ao estado do Rio Grande do Sul. Os dados obtidos indicam os que as estiagens são eventos que tem causado muitos danos, especialmente, na região oeste. A estiagem não pode ser vista somente como falta de chuva.

Com relação aos desastres pela ação do vento fica caracterizado que todas as regiões do estado podem ser afetadas, sendo a primavera a época do ano com maior possibilidade de ocorrência dos desastres.

Dessa forma é fundamental desenvolver ações de prevenção que minimizem os danos. Esses trabalhos necessitam de informações técnicas que permitam a construção de um banco de dados reunindo as informações sobre as características dos eventos e as áreas afetadas, para que as soluções estruturais (obras de engenharia) e não estruturais (treinamento técnico e informações a população) possam ser implementadas estabelecendo um gerenciamento de risco.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio à pesquisa com apoio financeiro (Processo n.o 475765/2007-9).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1998, 173p.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Desastres: Desastres Naturais**. Vol I. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003, 173p.

CHAPMAN, David. **Natural Hazards**. Melbourne: Oxford University Press, 1997, 174p.

CPTEC/INPE. **La Niña. Relatório elaborado em 05 de agosto de 1998**. São José dos Campos: CP- TEC, 1998. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em 12/08/2005.

COLE, Franklyn W. **Introduction to Meteorology**. 3ed. New York: John Wiley and Sons, 1980, 505p.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.

GONÇALVES, Edson F.; MOLLERI, Gustavo Souto Fontes; RUDORFF, Frederico de Moraes. Distribuição dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina: Estiagem (1980 - 2002). In: 1 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 773-786. CD ROM.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/>>. Acesso em: 23/01/2006.

MARCELINO, Isabela Pena Viana de Oliveira; FERREIRA, Nelson Jesus; ANDRÉ, Iara Nocentini. Análise Geográfica do tornado ocorrido no município de Joenville-Sc em 31/01/1999. In: 1 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004a, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004a, p. 749-761. CD ROM.

MARCELINO, Isabela Pena Viana de Oliveira; MENDONÇA, Magaly; RUDORFF, Frederico de Moraes. Ocorrências de Granizo no estado de Santa Catarina. In: 1 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004b, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004b, p. 795-805. CD ROM.

MARCELINO, E.V.; RUDORFF, Frederico de Moraes; MARCELINO, I.P.O; GOERL,R.F.; KOBIYAMA,M. Impacto do Furacão Catarina sobre a região sul catarinense: monitoramento e avaliação pós-desastres. **Geografia**, v.30, n.3, 2005, p. 559-582.

MET OFFICE. Catarina hits Brazil: **South Atlantic Hurricane breaks all the rules**. [on line] <<http://www.metoffice.com/sec2/sec2cyclone/catarina.html>>.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. Revista do Departamento de Geociências – **GEOSUL**, Florianópolis, n. 19/20, p. 117-133, 1995.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Revista do Departamento de Geociências – **GEOSUL**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

NASCIMENTO, Ernani de Lima; Marcelino, Isabela Pena Viana de Oliveira. Análise preliminar dos tornados de 3 de janeiro de 2005 em Criciúma/SC. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, fev. 2005.

NIMER, E. Clima. In: FURLANETTO, D. A. et. al. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. V. 2, 420p. P. 151-187.

OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **El Niño**. São José dos Campos: CPTEC, 2001a. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque_el-nino/>. Acesso em 12/01/2006.

OLIVEIRA, Gilvan Sampaio de. **La Niña**. São José dos Campos: CPTEC, 2001b. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque_la-nina/>. Acesso em 12/01/2006.

PICKERING, Kevin; OWEN, Lewis. **An Introduction to Global Environmental Issues**. London and New York: Routledge, 1994, 390 p.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 370 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SINCLAIR, M. R.; WATTERSON, I. G. Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates. **Journal of Climate**, v. 12, 3467-3485, 1999.

SARTORI, M. da G. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre**, São Paulo, v. I, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento Agroclimático para a Produção de Roseiras (Rosaceae spp.) no Rio grande do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011, 386p. 2v.

ÁREAS DE RISCO POR PROCESSOS DE DINÂMICA GEOMORFOLÓGICA NO RIO GRANDE DO SUL: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/8183>

Resumo: As áreas de risco devem ser consideradas como elementos historicamente construídos no espaço urbano das cidades ao longo dos seus processos de ocupação, sendo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, as quais se materializam no espaço. Os processos de dinâmica superficial, como as inundações e os movimentos de massa são eventos naturais e fazem parte da dinâmica do planeta e, como manifestações próprias da natureza, ocorrem independentemente da presença do homem. Quando estes processos acontecem em áreas ocupadas, como as urbanas, podem acarretar consequências econômicas e sociais de significativa dimensão. Nestes casos, estes acontecimentos são chamados de desastres naturais, e as áreas atingidas por tais processos são chamadas de área de risco. O estado do Rio Grande do Sul é seguidamente atingido por inundações e movimentos de massa. As inundações representam o processo que mais danos causa para as cidades, especialmente, as localizadas junto aos grandes rios do estado. Os movimentos de massa são mais importantes nas cidades localizadas no Planalto vulcânico do Rio Grande do Sul e nos morros graníticos da capital do estado, Porto Alegre.

Palavras-chave: Inundação; Movimentos de massa; Áreas de risco.

RISK AREAS IN PROCESSES DYNAMICS GEOMORPHOLOGICAL IN RIO GRANDE DO SUL STATE: BASES AND CONCEPTS

Abstract: The risk areas should be considered as elements historically constructed in urban cities along its occupation processes, being a result of the relationship between the natural elements and social relationships, permeated by inequality, which materialize in space. The dynamic surface processes, such as floods and mass movements are natural events and are part of the dynamics of the planet and, as manifestations of the nature, occur regardless of the presence of man. When these processes occur in busy areas, such as urban, can also entail significant economic and social dimension. In these cases, these events are called natural disasters, and the areas affected by these processes are called risk area. The Rio Grande do Sul state is then hit by floods and mass movements. Floods represent the process causing most damage to the cities, especially those located along the major rivers of the state. Mass movements are important in cities located in the volcanic highlands of Rio Grande do Sul and the granite hills of the Porto Alegre city.

Keywords: Flood; Mass movements; Risk area.

INTRODUÇÃO

A cidade instituiu-se como afirmação do homem perante a natureza, cumprindo papel essencial no desenvolvimento industrial, pela necessidade de concentração espacial da mão-de-obra, indispensável às fábricas. Para Mello (2005), o aparecimento dos núcleos de ocupação urbana iniciou uma nova fase de transformação do espaço e a relação do homem com o meio natural.

De acordo com Bernardes e Ferreira (2003), as relações sociais e econômicas estão socialmente inseridas numa materialidade espacial da cidade, sendo que, pelas vias espaciais, o modo de produção veicula os seus valores de troca e uso, funcionando como um instrumento de concentração de renda. Isso

resulta em uma distribuição espacial, onde as populações mais pobres ocupam as áreas da cidade mais suscetíveis a ocorrência de eventos geomorfológicos, como encostas íngremes e várzeas.

Na mesma linha, Sposito (2005) apresenta a discussão de que cidade de hoje é o resultado cumulativo de todas as outras cidades de antes, transformadas, destruídas, reconstruídas, enfim, produzidas pelas transformações sociais ocorridas através dos tempos, engendradas pelas relações que promovem estas transformações.

Neste contexto, pode-se caracterizar que, desde o período colonial, o Brasil registra ocupações nas encostas como uma herança da Idade Média trazida pelos portugueses, época em que as cidades eram construídas em lugares altos por questões militares. Isso resultou em situações de risco desde esta época, como indicado por Gonçalves (1992), quando informa que, até o ano de 1800, a cidade de Salvador já havia registrado vários movimentos de massa, com registro de mortes, destruição de casas e obras públicas, fato relacionado às inúmeras construções realizadas nas encostas da cidade.

Com relação aos rios, sabe-se que o avanço da colonização do Brasil com a construção de novos territórios ocorreu através deles, dando origem a inúmeras cidades, que, ao localizarem-se às margens dos rios, utilizaram-nos em seu benefício como via de transporte, fonte de alimentos e para irrigação dos campos agrícolas. Naquela época, os processos de inundações, muitas vezes de caráter cíclico, estiveram na origem de diversos mitos e temores, assim como originaram processos de ajustamento para proteção e controle desses processos. A maior ou menor regularidade dos regimes deu origem a padrões diversos de utilização do espaço pela sociedade e de intervenção sobre os rios.

Posteriormente a estes primeiros séculos de ocupação, muitas áreas com elevadas declividades e inundáveis continuaram e continuam a receber parcela da população. Com relação a este fato, aponta-se que a Lei das Terras, de 1850, e a abolição da escravatura, em 1888, influenciaram fortemente o início do processo de urbanização brasileira e, também, refletiram-se na ocupação de áreas de risco no país.

O final do século XIX e o início do século XX foram marcados pela realização de reformas urbanas no país, através de obras de saneamento básico, pela implantação de bases legais para o mercado imobiliário,

caracterizado pela exclusão da população mais pobre, a qual, geralmente, era expulsa para as áreas periféricas da cidade ou terras menos valorizadas, como os morros e alagados (MARICATO,2001).

A partir da metade do século XX, conforme Rossato (1993), o Brasil passou a experimentar o fenômeno de urbanização muito rápida, sendo que, entre 1940 e 1980, ocorreu uma inversão quanto ao lugar de residência da população brasileira. Em 1940, a taxa de urbanização era de 26,35%, em 1980, alcançava 68,86%. A rapidez deste processo trouxe consigo severas consequências de ordem socioeconômica e ambiental.

Esta tendência de rápida urbanização continuou ao longo do século XXI, ocasionando o predomínio cada vez maior da população urbana sobre a rural. Segundo dados do IBGE (2010), no censo de 2010, 84,4% da população brasileira residiam em áreas urbanas.

Neste contexto, as cidades brasileiras sofreram, ao longo do seu processo de ocupação e urbanização, um constante processo de separação espacial, que deu origem a duas cidades distintas: uma formal ou legal, que é caracterizada por uma ocupação pautada em preceitos urbanísticos, e outra informal ou ilegal, a qual compreende ocupações com diversas situações fundiárias e características espaciais de distribuição e construção de moradias. Esta cidade informal é, predominantemente, formada pelas classes sociais de baixa renda e, muitas vezes, localizada em áreas de morros ou áreas inundáveis.

Conforme Kowarick (1979), a distribuição das áreas ocupadas e vazias, nas grandes cidades, aponta que o traçado irregular e desconexo dos espaços urbanos, na região metropolitana, reflete a condição social dos habitantes da cidade, espelhando, no nível do espaço, a segregação que impera no âmbito das relações econômicas. Este fato é recorrente nas grandes e médias cidades brasileiras, assim como constitui um processo em desenvolvimento nas cidades de pequeno porte pelo rápido crescimento demográfico da área urbana. Esta disputa desigual por um lugar onde se possa reproduzir as condições materiais de existência (habitar, alimentar-se) e imateriais (cultura, desporto, lazer) provoca a ocupação de áreas impróprias, o que resulta no estabelecimento de áreas de risco no ambiente urbano.

ÁREAS DE RISCO

As áreas de risco, como discutido anteriormente, devem ser consideradas como elementos historicamente construídos no espaço urbano das cidades ao longo dos seus processos de ocupação, sendo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, as quais se materializam no espaço.

Segundo Tominaga (2009), a população mundial em risco aumentou quase 80% no último decênio, sendo que mais de 90% encontram-se nos países em desenvolvimento, com as menores participações nos recursos econômicos e maior exposição aos desastres.

De acordo com Coppola (2011), nenhum desastre é natural, pois qualquer evento que venha a desencadear um desastre requer a interação com a sociedade e seu ambiente construído. A Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD) ou sua sigla em inglês ISDR, como sucessora das disposições emanadas pela DIRDN, apresenta uma mudança de paradigma, pois retira o adjetivo "naturais" vinculado à palavra desastre, de modo que os desastres não são compreendidos mais pela ONU como eminentemente de origem natural, mas como resultado de interações complexas, e a ênfase principal, neste sentido, consiste na procura pela redução à vulnerabilidade frente aos perigos naturais, ao passar de um enfoque baseado na proteção contra os perigos para uma gestão do risco mediante uma integração e redução dos mesmos.

Debido a que se tiende a utilizar la prevención de los desastres y la reducción de los mismos indistintamente, la naturaleza de la relación existente entre estos dos conceptos debe clarificarse. En el sentido más estricto del término, se puede considerar la prevención de los desastres como la adopción de medidas dirigidas a evitarlos, lo cual no siempre es posible. Por otra parte, si se interpreta de forma más minuciosa el término de reducción de desastres, el mismo abarca las medidas a ser adoptadas para reducir o limitar la severidad de éstos. (UN/ISDR, 2001, p.4)

Sendo assim, quando se trata de risco, deve-se considerar a susceptibilidade à ocorrência de fenômenos e a vulnerabilidade (fragilidade social-densidade demográfica, infraestrutura, conhecimento e percepção do risco, situação econômica etc.) do sistema que está sob análise (KOBİYAMA,

2006). A figura 1 apresenta, de forma esquemática, as relações envolvidas na determinação e zoneamento das áreas de risco.

Figura 1 - Sistematização dos parâmetros que definem o risco



Por outro lado, com o objetivo de trabalhos de zoneamento e cartografia, o **risco** pode ser definido por uma equação matemática que indica uma condição potencial de ocorrência de um acidente, podendo ser escrito pela fórmula:

$$R=P(fA)*C(fV)*g-1,$$

Onde um determinado nível de risco **R** representa a probabilidade **P** de ocorrer um fenômeno físico em **A**, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências **C** (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade **V** dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de **gestão** (CARVALHO e GALVÃO, 2006).

Pode-se afirmar que um evento natural traz consigo um potencial de perigo quando se relaciona com a sociedade e as suas obras construídas no espaço. Assim sendo, estar em perigo é estar ameaçado de sofrer alguma perda ou dano. Neste sentido, para Ojeda (1997), o termo perigo ou perigosidade significa a possibilidade de ocorrência de um fenômeno danoso, em um determinado período de tempo em uma dada área.

No que se refere aos perigos, classificados como naturais, UNDRO (1979) expõe que correspondem à probabilidade de ocorrência, dentro de um período de tempo específico em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso. Os perigos naturais são eventos ameaçadores, capazes de produzir danos ao espaço físico e social onde acontecem não só no momento de sua ocorrência, mas em longo prazo, devido às suas consequências associadas (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Por sua vez, o glossário da Defesa Civil apresenta o termo ameaça como sendo equivalente ao termo perigo, o qual:

Corresponde ao risco imediato de desastre:1. Prenúncio ou indício de um evento desastroso. Evento adverso provocador de desastre, quando ainda potencial. 2. Estimativa da ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento (ou acidente) e da provável magnitude de sua manifestação (CASTRO, 2007).

Também Castro (2003) destaca que o perigo "implica a existência do homem que estima o que é um dano e o que não é", visto que nem sempre os fenômenos naturais causam prejuízos às comunidades, podendo, então, ser considerado apenas como um evento. Neste sentido, Castro apresenta a definição adotada pelas Nações Unidas, a qual aponta que o perigo natural é "a probabilidade de ocorrência, em um determinado período, em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso" (Nações Unidas, 1984, p. 80, apud CASTRO, 2003).

A partir das definições e classificações apresentadas, entende-se o perigo como um evento, processo, ação ou fenômeno que pode causar danos à propriedade, perturbação social e econômica e até perda de vidas.

O segundo ponto de análise refere-se às consequências em função da vulnerabilidade da população envolvida. Não há riscos em alguma probabilidade de acidente, nem acidentes em qualquer consequência de perda ou de dano. Dessa forma, determinar a capacidade da população de enfrentar o problema, ou seja, a sua vulnerabilidade é um parâmetro fundamental para indicar o risco.

A ONU, por meio da International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), tem enfatizado, em suas publicações, que a redução da vulnerabilidade é essencial para reduzir as perdas provocadas por eventos naturais,

principalmente nos países em desenvolvimento. Profissionais da área das ciências humanas, como a Sociologia, a História e a Geografia, vêm desenvolvendo contribuições importantes para lidar com o tema dos desastres naturais, dando ênfase especial ao papel da vulnerabilidade.

Conforme Blaikie et al (1996), por vulnerabilidade entende-se as características de um grupo de pessoas de antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se do impacto de uma ameaça natural. Dessa forma, o conceito de vulnerabilidade procura traduzir as consequências previsíveis, sobre o homem e a sociedade, de um fenômeno natural. Uma questão importante para definir o que é ser vulnerável, este estado do ser ou elemento, diz respeito à compreensão de que a vulnerabilidade é variável de acordo com as circunstâncias socioeconômicas dos elementos expostos ao evento, sendo diferenciada dentro de um determinado país, região, estado e cidade, assim como em um assentamento urbano.

Segundo Aguirre (2004), a ênfase dos estudos sobre vulnerabilidade, frente aos desastres, com o objetivo de reduzir os efeitos deles e permitir o progresso social, surgiu nos anos oitenta, fundamentalmente como parte das propostas de programas de entidades internacionais que objetivavam impulsionar o desenvolvimento econômico, uma vez que o resultado das intervenções internacionais para impulsioná-lo era ameaçado pela vulnerabilidade e pela baixa capacidade de resistência dos sistemas tecnológicos frente aos desastres.

Assim posto, pode-se compreender que as áreas de risco são o resultado da interação entre os processos da dinâmica da terra, sejam internos ou externos (os perigos) e a sociedade que, historicamente, construiu o espaço. Em uma sociedade como a nossa, onde o espaço geográfico é produzido socialmente, mas é consumido de forma tão heterogênea, uma parcela significativa da população (em estado de vulnerabilidade) vê-se obrigada a conviver com situações de risco nas cidades.

O gerenciamento, como último fator da equação, pode significar a diferença essencial entre a vida e a morte de dezenas de pessoas que habitam as áreas suscetíveis a eventos naturais causadores de acidentes e desastres.

Rebelo (2008, p.8-9), por sua vez, acresce que a gestão do risco exige, em primeiro lugar, o conhecimento do processo potencialmente perigoso e de

todo o trabalho humano que possa intensificá-lo. Depois, exige o conhecimento do modo de distribuição da população pela área que possa ser atingida pelo desencadear do processo, ou seja, o conhecimento do grau de exposição ao processo. Por seu turno, Chacín (2008) considera que a Gestão dos Riscos pode ser entendida como:

La capacidad de los actores sociales de desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo existente en una localidad o en una región para llevarla a un desarrollo sostenible y que es necesario intervenir ese proceso de desarrollo con las tareas que se requieran para reducir el riesgo (CHACÍN, 2008, p.193).

Conforme a terminologia utilizada pela UN/ISDR(2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático que utiliza diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

O documento intitulado "Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico Y Social Europeo y el Comité de las Regiones - Gestión de los riesgos de inundación : Prevención, protección y mitigación de las inundaciones " estabelece os princípios norteadores para a Gestão de risco a inundaçãõ para os países da União Europeia:

La gestión de los riesgos de inundación tiene por objeto reducir la probabilidad y el impacto de las inundaciones. La experiencia ha demostrado que el planteamiento más eficaz es el desarrollo de programas de gestión de los riesgos de inundación que incluyan los siguientes elementos:

- Prevención: evitando la construcción de viviendas y edificios industriales en las áreas expuestas a inundaciones actuales o futuras, adaptando las construcciones futuras al riesgo de inundaciones y fomentando la adecuación del uso de los terrenos y las prácticas agrícolas y de silvicultura.
- Protección: adoptando medidas, tanto estructurales como no estructurales, para reducir la probabilidad de inundaciones y sus efectos en puntos concretos.
- Preparación: informando a la población sobre los riesgos de inundación y qué hacer en ese caso.
- Planes de emergencia: preparando planes de emergencia para las inundaciones.
- Recuperación y aprovechamiento de la experiencia: recuperando cuanto antes las condiciones normales y mitigando los efectos sociales y económicos en la población afectada. (COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, 2004, p. 4).

Conforme Coppola (2011), desde os primórdios do aparecimento do homem na superfície da Terra, há indícios da tentativa de conviver com os perigos que os processos da dinâmica da natureza podem provocar. Os nossos ancestrais pré-históricos já conheciam esses perigos e algumas evidências indicam que eles tomaram algumas medidas para reduzi-los ou mitigá-los, como o simples fato de habitar as cavernas. Na história antiga, um evento catastrófico também foi marcado por uma resposta de emergência organizada, este fato refere-se à erupção do Vesúvio em 79d.C., quando duas cidades ao sopé do vulcão foram seriamente atingidas, Herculano e Pompéia. A primeira, que estava ao pé do vulcão, e, portanto, diretamente no caminho de seu fluxo de lava, foi destruída imediatamente, já a maior parte da população de Pompéia sobreviveu, e as evidências sugerem que os líderes da cidade organizaram uma evacuação em massa.

A análise dos registros mundiais das catástrofes de origem associadas a processos naturais revela a relação existente entre a amplitude dos danos e o estado de desenvolvimento das regiões onde tais fenômenos ocorrem. Agregue-se que a amplitude dos danos e as perdas provocadas por uma catástrofe dependem, em primeiro lugar, da natureza e da magnitude das suas causas, mas também das características do espaço territorial em que ocorre.

Estudos de casos, conforme Mattedie e Butzke (2001), indicam que pessoas que vivem em áreas de risco percebem os eventos como uma ameaça, porém, não costumam atribuir os seus impactos a fatores sociais. Isso é comum com as enchentes, pois, apesar de habitar as áreas de planície de inundação dos rios, essas pessoas costumam atribuir a inundação de suas moradias à força da natureza e não à forma de ocupação do espaço.

Além disso, como observa Wenger (1978), dois fatores determinam o padrão de resposta da comunidade: os tipos de integração e os conflitos existentes no período de normalidade e a experiência acumulada na confrontação da crise. Neste sentido, o tipo de organização social pré-impacto exerce uma influência decisiva no grau de vulnerabilidade das populações a eventos naturais, de tal modo que as situações encontradas no contexto pós-desastres podem ser entendidas como extensão das condições sociais vigentes na fase pré-desastre.

Conforme a terminologia utilizada pela UN/ISDR(2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático de utilizar diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças⁵ naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

Em resumo, pode-se dizer que o gerenciamento de risco constitui uma atividade da gestão ambiental urbana que procura, através de atividades sistemáticas, equacionar os cenários de risco que se encontram em nossas cidades, que envolvem atividades de diagnóstico, mapeamento e hierarquização dos problemas, com o intuito de estruturar atividades de mitigação e prevenção a fim de obter a redução das perdas.

O processo de gerenciamento do risco passa por diversas etapas que consistem em planejar, organizar, dirigir e controlar os recursos materiais e humanos de um determinado ambiente visando à prevenção das perdas, na medida em que busca reduzir a frequência e a intensidade dos acidentes no sentido de minimizar os efeitos dos riscos sobre este ambiente, ao mínimo possível.

Processos de Dinâmica Geomorfológicos e os Desastres no Rio Grande do Sul

Os processos de dinâmica superficial, como as inundações e os movimentos de massa, são eventos naturais e fazem parte da dinâmica do planeta e, como manifestações próprias da natureza, ocorrem independentemente da presença do homem. Quando esses processos ocorrem em áreas ocupadas, como as urbanas, podem acarretar consequências econômicas e sociais de significativa dimensão. Nestes casos, estes acontecimentos são chamados de desastres naturais e as áreas atingidas por esses processos são chamadas de área de risco.

O Rio Grande do Sul é afetado por desastres naturais em quase todo o seu território. Os municípios mais afetados por inundações e movimentos de

⁵ No documento intitulado "Terminologia sobre a redução de risco de desastre", a ONU/EIRD considera o termo ameaça como sinônimo para o termo perigo.

massa foram identificados através da dissertação de mestrado de Reckziegel (2007) e de dados da Defesa Civil estadual.

Inundações

As inundações são causadas por precipitações anômalas que extravasam a capacidade de receptação dos corpos hídricos (rios, lagoas, lagoas, etc.), fazendo com que a água transborde para as áreas adjacentes, causando danos.

Castro (2007, p. 34) considera o termo enchente e inundação gradual como sinônimos, situação em que as "águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente". O autor ainda acrescenta que, normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais, relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se por sua abrangência e grande extensão.

Também considera como sinônimos os termos enxurrada e inundações bruscas, situações que "são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos canais, os quais escoam de forma rápida e intensa" (CASTRO, 2007, p. 45). Ressalta-se que a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos, pois as enxurradas são típicas de regiões acidentadas e normalmente ocorrem em bacias de médio e de pequeno porte.

Com relação ao termo alagamento, este distingue-se dos demais por estar relacionado com a estrutura de drenagem urbana. Assim, o alagamento pode ser considerado como sendo "o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial" (TUCCI, 2001, p.93).

Em áreas urbanas, as enchentes, segundo Tucci (1995), são consequência de dois processos que ocorrem isoladamente ou de forma integrada: as enchentes em áreas ribeirinhas, que são naturais, e as enchentes incrementadas ou provocadas pela urbanização. As enchentes naturais nas áreas ribeirinhas provocam consideráveis desastres, principalmente em cidades que se situam nas margens de grandes rios, onde a população, especialmente a de baixa renda, ocupa o leito maior do rio e as planícies de inundação.

As enchentes provocadas pela urbanização acontecem devido à impermeabilização do solo, através da pavimentação das vias e passeios e, por conseguinte, da redução das áreas verdes. Esse fato faz com que aumente o fluxo superficial que escoar durante um evento de precipitação e, assim, aumente a área de inundação. O autor destaca, ainda, que as enchentes potencializadas pela urbanização dão-se, em geral, em bacias de pequeno porte, embora haja exceções, como é o caso das regiões metropolitanas, em que a urbanização também incrementa as enchentes em grandes bacias.

No estado do Rio Grande do Sul, os desastres naturais associados às inundações de caráter gradual ou brusco ocorrem em todas as regiões e os prejuízos causados são significativos, sendo que acontecem em, praticamente, todos os meses do ano com variações marcadas pelas estações do ano, conforme o regime de precipitação.

Assim, conforme Sartori (2003), no verão (22 de dezembro a 20 de março), devido ao maior aquecimento das massas de ar de origem polar, aumenta a participação dos sistemas intertropicais, na definição dos tipos de tempo. Nesta época, são comuns chuvas relacionadas com instabilidade convectiva. No outono, as Frentes Polares começam a tornarem-se mais fortes, devido ao resfriamento do Hemisfério Sul, intensificando a formação das massas de ar Polar Atlântica e a Tropical Atlântica, gerando Frentes Quentes e intensas ciclogêneses. Esta estação de transição apresenta eventos, tanto relacionados a chuvas de grande duração como de curta duração e intensas. No inverno, em função de uma menor incidência da radiação solar, a participação de Frente Polar Atlântica é maior, permanecendo sobre o estado em mais de 22% dos dias, com aumento dos casos de frentes estacionárias e de ciclogêneses (formação de ciclones frontais). Por fim, na primavera, os fluxos (deslocamentos de massas de ar e correntes perturbadas) de origem intertropical voltam a aumentar o seu valor de frequência na região pelo enfraquecimento da intensidade dos fluxos polares, motivado pela redução dos gradientes térmicos latitudinais e pelo aquecimento do Hemisfério Sul. O aumento da participação de sistemas atmosféricos de origem intertropical provoca um acréscimo na quantidade de chuvas nesta estação, especialmente, entre final de setembro e primeira quinzena de outubro.

Quanto à distribuição espacial, pode-se dizer que o evento de inundações ocorre em todo o estado e que teve, desde o início da sua colonização, uma estreita relação com os rios que o compõem chamado de Rio Grande. Dessa forma, pode-se afirmar que a história das primeiras cidades do estado está diretamente ligada à proximidade com corpos d'água.

Os municípios com maior número de eventos registrados estão associados aos grandes cursos d'água do estado, como é apresentado na figura 2, conforme os levantamentos realizados através dos inventários dos últimos 30 anos no estado do Rio Grande do Sul.

Na região oeste do estado, os municípios com maior número de desastres, causados por inundações, estão situados às margens do Rio Uruguai, com destaque para os municípios de Uruguaiana, São Borja, Itaqui e Porto Xavier. Além desses, ainda na região oeste, o município de Quaraí, influenciado pelo rio Quaraí, e o município de Alegrete, junto ao Rio Ibirapuitã, são muito afetados por eventos de inundação.

Na região leste, as inundações dos rios Taquari, Caí e Sinos são muito significativas afetando, principalmente, no caso do primeiro, os municípios de Encantado, General Câmara, Taquari, Lajeado e Estrela, no segundo, os municípios de São Sebastião do Cai e Montenegro e, no último, Canoas, São Leopoldo e Novo Hamburgo.

No centro do estado, os municípios de Rosário do Sul, São Gabriel, Rio Pardo Cachoeira do Sul, Santa Cruz do Sul apresentam muitos registros de danos provocados por inundações, associados ao Rio Santa Maria, Rio Vacacaí, Rio Pardo, respectivamente, e os dois últimos pelo Rio Jacuí.

Os municípios de Pelotas e Rio Grande localizados no sul do estado, na Planície Costeira, junto a Laguna dos Patos, são afetados regularmente por inundações associadas a períodos longos ou de grande intensidade de precipitação e também pela ação de represamento das águas da Laguna dos Patos pelo vento sul.

Porto Alegre é afetada pelo Rio Gravataí e seus afluentes na zona norte. Neste caso, os principais eventos estão associados a eventos bruscos. Além disso, Porto Alegre também é afetada por eventos de inundações nos bairros com influência do Rio Guaíba.

A figura 2 apresenta a localização dos municípios que mais foram afetados por eventos de inundação nos últimos 30 anos. As figuras 3, 4 e 5 ilustram eventos de inundação em municípios do estado.

Figura 2 - Mapa dos municípios mais atingidos por eventos de inundação

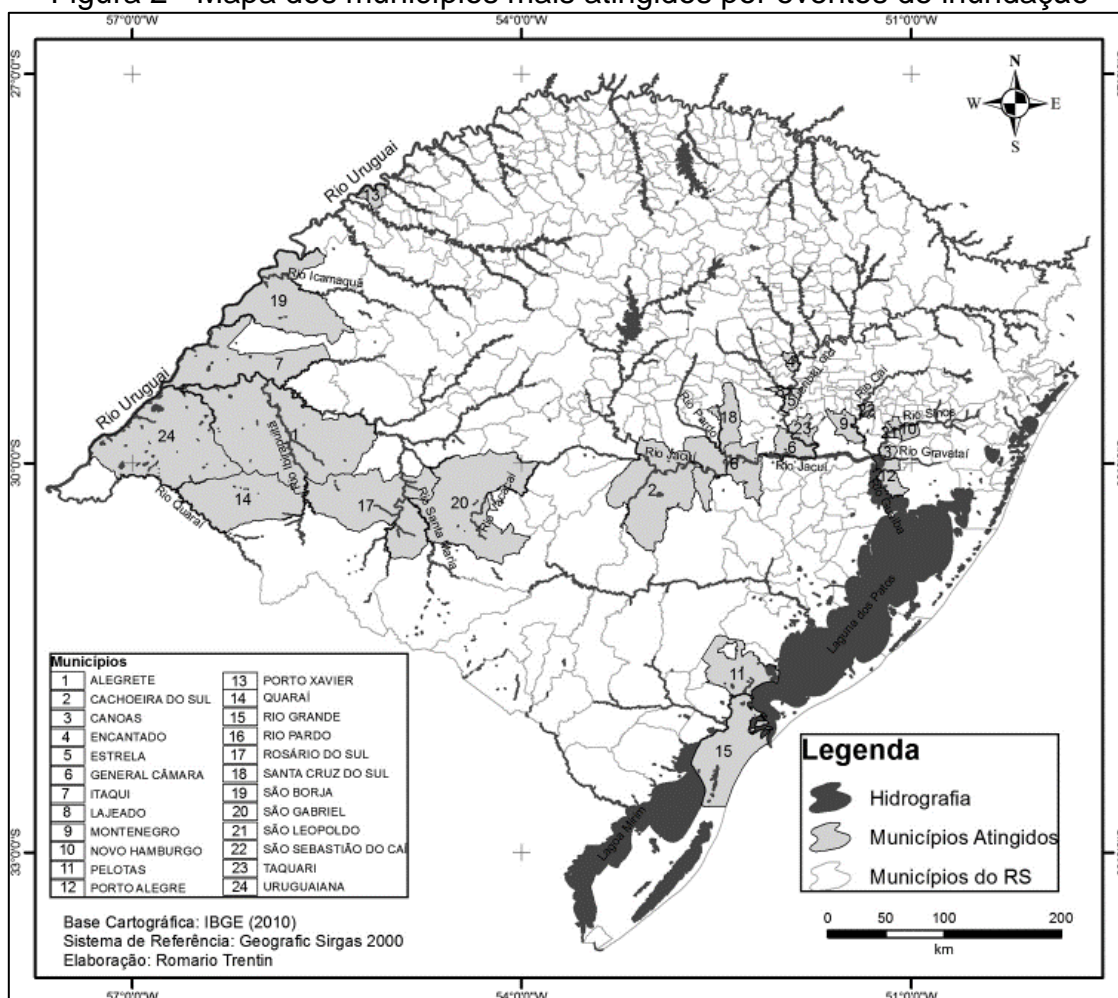


Figura 3 - Inundação do Rio Uruguai no município de Itaqui no ano de 1983 (A).
 Fonte: Saueressig (2012) e, no município de São Borja no ano de 2009(B)
 Foto: Everton Dalenogare.



Figura 4 - Inundação do Rio Ibirapuitã no município de Alegrete, ano de 2009 (A) e, Inundação do Rio Uruguai no município de Uruguaiana, ano de 1983 (B).
Fonte: Banco de dados do Jornal Zero Hora Fotógrafo: Fernando Gomes.



Figura 5 - Inundação no município de Rio Grande, ano de 2002 (A) e, Inundação do Rio Jacuí no município de Cachoeira do Sul no ano de 2009 (B).
Fonte: Defesa Civil.



Movimentos de Massa

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) encosta abaixo, sob influência da gravidade, desencadeado pela interferência direta de vários fatores condicionantes.

Na literatura internacional, os movimentos que ocorrem nas encostas sob a ação da gravidade são denominados de landslides, landslips, slope movements, mass movements e ainda mass wasting.

De acordo com Bloom (1991), mass wasting é um termo geral para todos os movimentos gravitacionais ou movimentos de descida de detritos de rocha e materiais intemperizados. Segundo o autor, este conceito implica que a gravidade seja a força mais importante no processo, porém, ele não exclui o fluxo de água pelo fato de criar superfícies de erosão e por gerar poro pressão.

Avaliando os diferentes conceitos internacionais para os movimentos em vertentes ou encostas, Nummer (2003) conclui que o termo landslides pode ser

utilizado como sinônimo de movimento de massa (mass movements), o que significa, em termos mais amplos, todo e qualquer movimento de materiais terrosos ou rochosos, sob a ação da gravidade, na presença ou não de água, gelo ou ar, não importando a sua forma, a velocidade e nem o processo que o gerou.

Existem inúmeras classificações para os movimentos de massa que permitem associar um determinado tipo de movimento às suas características (profundidade, raio de alcance, material, etc.). Estas características, em conjunto com o entendimento dos condicionantes, possibilitam formular modelos que são fundamentais para orientar medidas preventivas e/ou corretivas.

De modo geral, as classificações de movimentos de massa baseiam-se na combinação de critérios como: (i) velocidade, direção e recorrência dos deslocamentos; (ii) natureza do material, textura, estrutura e conteúdo de água; (iii) geometria da massa movimentada; (iv) taxa de deformação do movimento.

Destacam-se as classificações brasileiras, para movimentos de massa, propostas por Jones (1973), Guidicini e Nieble (1984), pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo-IPT (1991) e por Augusto Filho (1992).

A classificação de Augusto Filho (1992) tem sido muito utilizada por ser simples e aplicar-se ao clima brasileiro. Define os termos rastejo, escorregamentos, quedas e corridas.

Os rastejos são movimentos lentos, sazonais, com uma geometria comumente indefinida e que envolvem uma grande massa de solo, depósitos superficiais (como colúvios) e material de alteração. Podem ser reconhecidos, em campo, pela presença de trincas no topo da encosta ou talude perpendiculares a direção de seu movimento, tronco de árvores e cercas inclinadas e a presença de linhas de seixos ou blocos de rocha localizadas na porção média a inferior da área afetada.

Os escorregamentos são movimentos rápidos com volumes definidos de solo ou rocha ou mesmo materiais de depósitos superficiais que se manifestam ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura (superfície de cisalhamento).

Os movimentos de massa do tipo quedas são muito rápidos e associam-se à ação da gravidade sem a presença de uma superfície de cisalhamento e, normalmente, estão associadas à presença de descontinuidades nos maciços rochosos o que influenciará a forma do material instabilizado.

As corridas, por sua vez, são movimentos muito rápidos e que mobilizam uma grande quantidade de material como solos, rochas, material de alteração, árvores, etc. Estes movimentos, em geral, começam como um escorregamento no topo da encosta, onde o material mobilizado atinge os cursos de água, formando uma massa de grande densidade e viscosidade.

No Rio Grande do Sul, os municípios com maior registro de acidentes estão associados às cidades de maior ocupação urbana, onde as encostas são modificadas para o estabelecimento de moradias, induzindo ou aumentando a possibilidade de ocorrência de evento. Os registros são mais significativos nos municípios de Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Santa Cruz do Sul e Porto Alegre.

A região em que se inserem os municípios de Caxias do Sul e Bento Gonçalves é conhecida como "Serra Gaúcha", que teve a ocupação associada à chegada dos imigrantes italianos, com economia, inicialmente, baseada na produção agrícola, que cedeu lugar às atividades do setor industrial a partir da década de 1920, especialmente, no município de Caxias do Sul, levando a um intenso e rápido crescimento, ocasionando pressões no espaço urbano e conduzindo ao aparecimento dos primeiros problemas ligados à ocupação desordenada.

Geomorfologicamente, está localizada no Planalto do Rio Grande do Sul, o qual é representado por pacotes de derrames vulcânicos que formam um empilhamento de estratos sub-horizontais ou homoclinais, soerguidos, o que lhe dá uma superfície ondulada, entalhada por vales estruturais, estreitos e profundos.

O intenso fraturamento das rochas vulcânicas, gerado por tectônica e devido à contração, associado ao resfriamento e solidificação da lava desempenham um papel geomorfológico no controle sobre os padrões de drenagem, as formas e a evolução das encostas. Isso resulta em um relevo caracterizado por morros com vertentes côncavo-convexo e escarpas recortadas e festonadas pelo entalhe das drenagens, gerando encostas suscetíveis a transporte e movimentos de massa. Os solos são rasos e pedregosos, em geral, mas passam localmente para porções espessas nas áreas de contato entre derrames.

Na parte baixa da vertente, podem ocorrer depósitos superficiais definidos como colúvios com espessuras variadas, que são áreas de fragilidade natural com relação aos movimentos de massa.

No município de Santa Cruz do Sul, a ocupação urbana avançou em um relevo de morros e morrotes com encostas íngremes que caracterizam a região denominada Rebordo do Planalto. A ocupação destas encostas tem provocado diversas situações de risco.

Além da região do Planalto vulcânico, os movimentos de massa são processos de risco importantes em Porto Alegre, devido à ocupação das encostas graníticas. Na cidade de Porto Alegre, as ocorrências de movimentos de massa apresentam um prolongamento no sentido sudoeste-nordeste que corresponde a faixas de morros que ocorrem na porção central do município de Porto Alegre.

A predominância de movimentos de massa nos corpos graníticos está associada, em geral, à ocorrência de material intemperizado, constituído por solo, blocos e matacões. As bordas dos corpos graníticos, por estarem expostas a maior ação de esforços tectônicos, são mais fraturadas, o que permite a ação direta dos processos de intemperismo, desagregando blocos de rocha e solo e, dessa forma, gerando variada espessura do manto de alteração que favorece a ocorrência dos movimentos de massa.

Destaca-se que alguns registros estão associados à ocupação de áreas de pedreiras desativadas. Nestas áreas, os eventos estão associados à exposição direta de rocha em vertentes verticais.

Blocos e matacões imersos no solo podem, quando em cortes no terreno, constituírem-se em risco pela possibilidade de queda associada à ação erosiva da base. Na superfície, podem rolar em condições de declive muito acentuado na vertente, pela perda da resistência, que, muitas vezes, acontece pela retirada de vegetação e ação erosiva.

O mapa da figura 06 apresenta a localização de municípios do estado, que mais foram afetados por eventos de movimentos de massa nos últimos 30 anos. As figuras 7 e 8 apresentam ocupações em encosta com perigo de movimentos de massa.

Figura 6 - Mapa dos municípios mais atingidos por eventos de movimento de massa no estado do Rio Grande do Sul

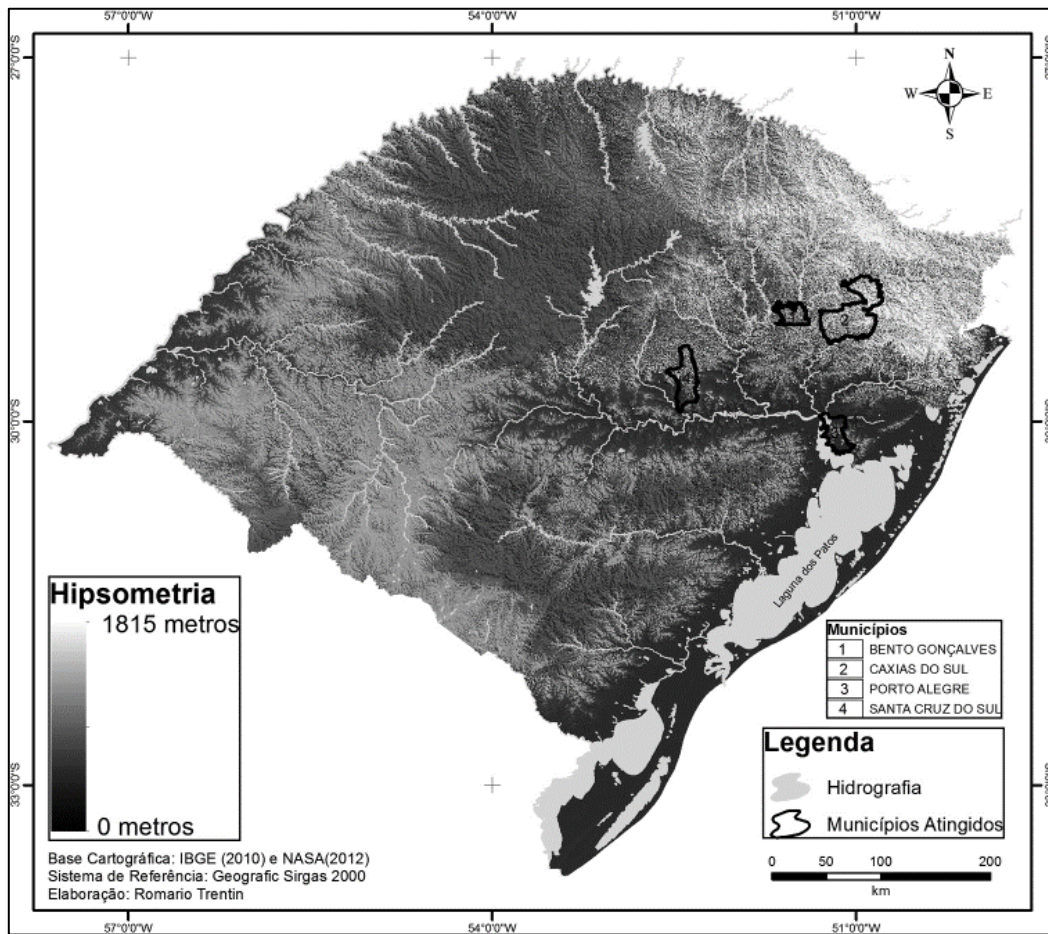


Figura 7 - Ocupação de áreas com forte inclinação, com risco de movimento de massa no município de Caxias do Sul (A) e Porto Alegre - Morro da Polícia (B)

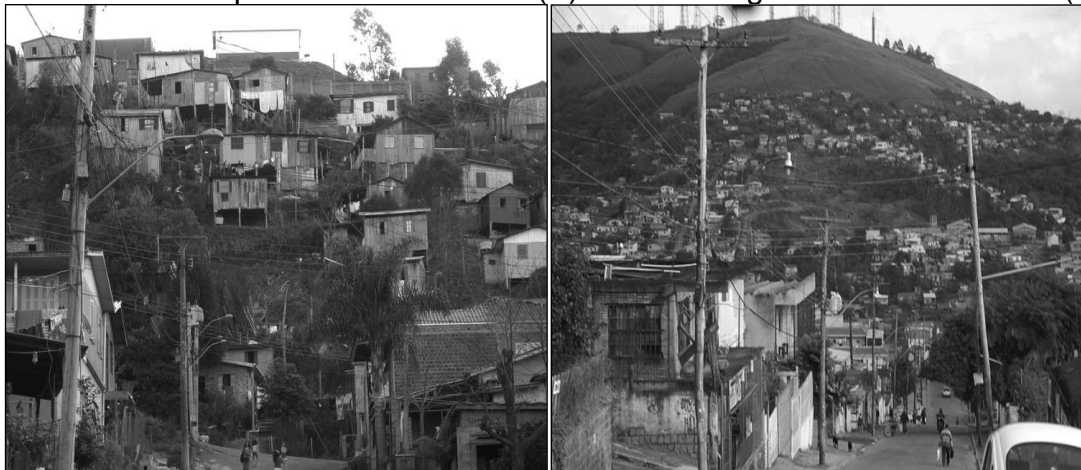


Figura 8 - Ocupação de áreas com forte inclinação, com risco de movimento de massa no município de Santa Cruz do Sul (A) e Caxias do Sul (B)



Erosão e solapamento de margens fluviais

A erosão dos bancos marginais é acompanhada por uma combinação de processos, incluindo intemperismo do material componente da margem, movimentos de massa que causam o colapso da margem e o arrasto das partículas sedimentares do fundo do canal.

Os movimentos de massa ao longo dos bancos marginais podem ser de diferentes estilos, incluindo escorregamentos rotacionais, *slumps* no rio e colapsos de porções ou placas do banco, especialmente onde o canal está cortando sob o banco marginal.

Rocha (2009) apresenta uma discussão dos fatores que controlam o colapso das margens. Dentre os fatores, o acamamento dos sedimentos dos bancos e da planície de inundação, a pressão poro-fluído, o tipo de material e a inclinação da margem são os mais importantes.

Sedimentos com inclinações acentuadas em direção ao canal e muito intemperizados compõem a margem das situações com maior suscetibilidade.

O aumento da umidade dos solos sobre os bancos durante eventos de chuva e de cheia diminui a resistência friccional dos sedimentos do banco, podendo facilitar a ocorrência de colapsos.

Outros fatores como coesividade, granulometria, densidade e profundidade das raízes relacionam-se com a resistência erosiva e o solapamento das margens.

Este é um processo de risco muito comum em todas as cidades do estado, com as ocupações ao longo das margens, dos canais de segunda e terceira ordem, que são significativamente modificados, dependendo das condições econômicas da população. Em geral, a população menos favorecida habita as

margens dos arroios e induz a ocorrência de processos com lançamento de aterro e lixo na margem, lançamento de água servida, etc., tornando-se causa e consequência dos processos naturais de erosão e solapamento das margens.

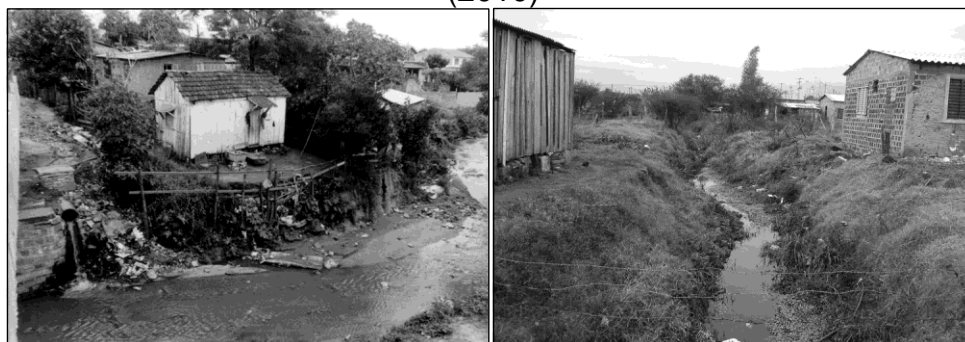
As principais características deste evento são identificadas por serem restritos ao canal de drenagem, apresentar impacto destrutivo em função da energia de escoamento do curso d'água, ter alta possibilidade de destruição de moradias e moderada a alta de perda de vidas humanas.

As figuras 9 e 10 apresentam ocupações ao longo de cursos de água com processos de solapamento e erosão de margens.

Figura 9 - Ocupação de margem de arroio com processo de erosão de margem no município de Caxias do Sul (A) (2010) e no município de Santa Maria (B) (2010)



Figura 10 - Ocupação de margem de arroio com processo de erosão de margem no município de Porto Alegre (A) (2002), no município de Alegrete (2010)



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação das áreas suscetíveis aos processos de dinâmica natural, principalmente, aqueles de natureza geomorfológica, é pautada em fatores econômicos, políticos, sociais e culturais.

Dessa forma, o homem, além de vítima, ao mesmo tempo, é responsável pela intensificação ou desencadeamento do desastre.

A intensa e contínua ocorrência de eventos desencadeadores de risco mostra a fragilidade dos órgãos gestores frente às ações ligadas ao processo de redução da vulnerabilidade social e da ocupação de áreas sujeitas aos processos responsáveis pela ocorrência de desastres que visem à mitigação ou eliminação do risco junto à sociedade.

Sob tal perspectiva, a gestão e o gerenciamento de risco dependem do conhecimento dos vários fatores envolvidos no desenvolvimento de áreas com possibilidade de ocorrência de processos naturais, induzidos ou não, bem como a necessidade de uma clareza conceitual que venha orientar as atividades de pesquisa e de planejamento.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, B. E. Los desastres em Latino América: vulnerabilidade y resistencia. **Revista Mexicana de Sociología**, Ano 66, n. 3, Julio-Septiembre, p. 485-510, 2004.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v.47, n.2 -4, p.107-124, Out.2002.

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: uma Proposta Metodológica. In: 1a. COBRAE, Rio de Janeiro, 1992. **Anais... ABMS/ ABGE**, v.2, p. 721-733.

BERNARDES, J. A; FERREIRA, F. P. de M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 17-42.

BLAIKIE, P.; CANNON, T; DAVID. IAN; WISNER, B. **Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres**. Peru: La Red, 1996. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/vesped-todo_sep-09-2002.pdf>.

BLOOM, A. L. **Geomorphology: A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms**. London: Prentice Hall (UK), 1991, 348p.

CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T (Org.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais** - Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

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

CASTRO, A. L. C. de (Org.). **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 5ª Ed. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil,

2007. Volume Único. 283 páginas. Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/glossario.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2010.

CHACÍN, B. O. La gestión ambiental en áreas de alto riesgo. Caso estado Vargas, Venezuela. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L. S; LUCHIARI, A. (Org.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 187 - 206.

COMISSION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. **Comunicación de la Comisión al Consejo, el Parlamento Europeo, el Comité Económico V Social Europeo y el Comité de las Regiones** - Gestión de los riesgos de inundación : Prevención, protección y mitigación de las inundaciones. Bruselas, 12.07.2004 COM(2004)472 final. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0472:FIN:ES:PDF>. Acesso em: 20/08/ 2011.

COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management**. Burlington -USA: Butterworth-Heinemann, 2011.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos fluviais e desorganização do espaço em Salvador, BA**. Tese (Doutorado) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2º ed. São Paulo: USP/Edgard Blucher, 1984. 196p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/default_sinopse.shtm>. Acesso em: 10/12/2011.

IPT. **Manual de Ocupação de Encostas**. CUNHA, M.A. (Coord). São Paulo: IPT, 1991, n. 1831, 216p.

JONES, F. O. Landslides of Rio de Janeiro and the Serra das Araras Escarpment, Brazil, **Geological Survey Professional Paper**, 697, V.S. Department of the Interior, 1973.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

KOWARICK, L. **A Espoliação Urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

MATTEDIE, M. A. e BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de Hazards e de Desastres. **Ambiente & Sociedade**. Ano IV, n. 9, p. 93-114, 2001.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 204p.

MELLO, Sandra S. Gestão ambiental urbana dos espaços de margens dos cursos d'água. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES: ÁGUAS URBANAS, 1., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. 1 CD-ROM.

NUMMER, A. V. **Parâmetros Geológicos-Geotécnicos controladores dos movimentos de massa na RS486/rota do Sol-Itati/RS.** 2003. 256p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil-Geotecnia), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre-RS.

OJEDA, A. O. Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico Um planteamiento didáctico. **Revista Lurral de Inves.** Esp. n. 20, p.261-283, 1997.

REBELO, F. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo. **Territorium**, n. 15, p. 7-14, 2008.

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.

ROCHA, I. P. da. **Relação entre a erosão marginal, atributos físicos do solo e variáveis hidrológicas e climáticas no baixo São Francisco Sergipano.** 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Sergipe, 2009.

ROSSATO, R. Cidades Brasileiras: A urbanização Patológica. **Ciência & Ambiente**, v. 4, n. 7, p. 23-32, 1993.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v.1,n.20,p.27-49,jan./jul.2003.

SAUERESSIG, S. R. **Zoneamento das áreas de risco a inundação da área urbana de Itaquí-RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e Urbanização.** 15ª ed. São Paulo: Contexto, 2005.

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

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem Urbana** - ABRH. Porto Alegre: Ed. UFRGS, p.15-36, 1995.

TUCCI, C. E. M. **Os rios na cidade: as enchentes na evolução urbana da região metropolitana de Porto Alegre.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2001.

UNDRO. **Natural disasters and vulnerability analysis: report of Expert Group Meeting**. Geneva, Switzerland: UNDRO, 1979.

UN/ISDR. Marco de Acción: **Para la implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD)**, Junio del 2001. Disponible em: <http://www.eird.org/fulltext/marco-accion/framework-espanol.pdf>. Acceso em: 22/07/2011.

UN/ISDR. **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. Ginebra, Suiza: UN, 2009.

WENGER, D. Community esponse to disaster: functional and structural alterations. In: QUARENTELLI, E. L. (Org.) **Disaster: theory and research**. New York: Sage, 1978, p.17-47.

ZONEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DO RIO VACACAÍ NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL, RS

Romario Trentin; Luís Eduardo de Souza Robaina; Vanessa Salvadé Silveira

DOI: 10.12957/geouerj.2013.3808

Resumo: O município de São Gabriel, no Estado do Rio Grande do Sul, possui mais de 80% de sua população na área urbana e, parte desta população se localiza no entorno do Rio Vacacaí e tem sido afetada seguidamente por eventos de inundação. A metodologia do trabalho busca analisar e identificar os aspectos físicos e humanos da paisagem em estudo em relação a sua problemática. Neste trabalho são apresentados os resultados sobre a análise espaço-temporal das inundações, a suscetibilidade às inundações, o perigo de inundação, a vulnerabilidade à inundação e o zoneamento das áreas de risco de inundação pelo Rio Vacacaí no município de São Gabriel. A partir da análise dos trinta anos verificou-se que em dezesseis anos apresentam registros de inundações. No total destes dezesseis anos de eventos foram registrados trinta e dois casos em que a população foi afetada com as inundações. Através do cruzamento do zoneamento do perigo de ocorrência do evento e da vulnerabilidade da população foram identificados 4 graus de risco que atingem a área urbana do município de São Gabriel, sendo eles, baixo, médio, alto e muito alto. O baixo risco encontra-se no bairro Vila Maria, o médio risco ocorre no bairro Baltar, o alto risco ocorre nos bairros Baltar e Menino Jesus e, o muito alto risco encontra-se no bairro Menino Jesus.

Palavras-chave: São Gabriel; inundação; perigo; vulnerabilidade; risco.

ZONING THE RISK OF FLOODING VACACAÍ RIVER, SÃO GABRIEL CITY, RS

Abstract: The municipality of São Gabriel, state of Rio Grande do Sul, has more than 80% of its population in the urban area and part of this population is located in the vicinity of Rio Vacacaí and has subsequently been affected by flood events. The methodology of the work seeks to analyze and identify the physical and human landscape of the study in relation to their problems. This paper presents the results on the spatio-temporal analysis of floods. From the analysis of the thirty years it was found that in sixteen years have records of flooding. A total of sixteen years of events were recorded thirty-two where the population was affected with floods. Through zoning crossing the hazard of occurrence of the event and the vulnerability of the population were identified 4 degrees of risk affecting the urban area of the São Gabriel city, namely, low, medium, high and very high. The low risk found in Vila Maria, the medium risk occurs in the neighborhood Baltar, the high-risk neighborhoods is Baltar and Menino Jesus and the very high risk is found in neighborhood Menino Jesus.

Keywords: São Gabriel; flood; hazard; vulnerability; risk.

INTRODUÇÃO

A relação estabelecida entre a dinâmica dos fenômenos naturais adversos e a ocupação antrópica resulta no surgimento de áreas ou zonas de risco, onde, muitas vezes, se registram desastres naturais de significativa dimensão com danos e perdas sociais e econômicas.

Os desastres naturais, segundo Alcántara-Ayala (2002), ocorrem em todo o mundo, mas o seu impacto é maior em países em desenvolvimento, onde as populações com menores condições sociais e econômicas têm como resultado grandes perdas, principalmente humanas, além da elevada dificuldade da reconstrução pós-desastre.

Mattedi e Butzke (2001) destacam ainda que a ocorrência dos desastres naturais muitas vezes reflete a interface das relações sociedade-natureza, onde observamos a complexa relação de interação entre as pessoas e os eventos naturais adversos, dessa forma, a análise dos desastres e riscos naturais deve levar em consideração tanto a dinâmica dos sistemas ambientais quanto dos sistemas sociais.

Peloggia (1998) salienta que as ocupações inadequadas não ocorrem por falta de informação, mas por obrigatoriedade diante de um quadro de miséria e impossibilidade de acesso à terra. Assim sendo, as áreas de risco surgem como uma interação do meio natural com o meio social. Conforme o autor, o meio natural impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas é o meio social, ao ocupar as áreas naturalmente susceptíveis, que acaba desencadeando o surgimento do risco e potencializando a ocorrência de desastres.

O processo de extravasamento das águas do leito normal de um rio é um fenômeno natural. Com a ocupação urbana na planície de inundação dos canais fluviais, este processo acaba por se chamar desastre natural conforme Alcántara-Ayala (2002), pois a população sofre interferência, ou seja, causa prejuízos financeiros e sociais aos moradores que, em geral, são menos favorecidos socioeconomicamente.

Este trabalho tem como objetivo identificar, fazer um zoneamento e mapear as áreas urbanas afetadas por inundações no município de São Gabriel, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul a 320 quilômetros de Porto Alegre (Figura 1).

Segundo dados do IBGE (2010), o município apresenta uma população total de 60.508 habitantes, com 53.860 habitantes (mais de 80%) na área urbana. Parte desta população situa-se no entorno do Rio Vacacaí e tem sido afetada seguidamente por eventos de inundação como mostra o levantamento realizado por Reckziegel (2007).

Figura 1: Mapa de localização do município de São Gabriel, RS.



Bases Conceituais

Conforme o Ministério das Cidades / IPT (2007), a inundação “representa o transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea”.

Segundo a United Nations International Strategy for Disaster Reduction – (UN- ISDR 2002), as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Sabe-se, hoje, que as inundações estão relacionadas com a quantidade e a intensidade da precipitação atmosférica (SOUZA, 1998, apud TOMINAGA, SANTORO & AMARAL, 2009).

Castro (2003) classifica as inundações em função do padrão evolutivo como: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.

Na inundação gradual ou enchente, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais. Relacionam-se muito mais com períodos

demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. O fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão.

As inundações bruscas ou enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos canais, os quais se escoam de forma rápida e intensa. As enxurradas são típicas de regiões acidentadas e normalmente ocorrem em bacias ou sub-bacias de médio e pequeno porte.

Os alagamentos são águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos, o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

Tucci (2005) apresenta uma tipologia com base no escoamento pluvial que pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados: inundações em áreas ribeirinhas e/ou inundações devido à urbanização.

As inundações de áreas ribeirinhas são as naturais que ocorrem no leito maior dos rios, devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. Já as inundações, devido à urbanização, são as que ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

Neste trabalho, a inundação é definida como o transbordamento das águas do canal do Rio Vacacaí para sua planície aluvial dentro da área urbana, ou seja, podendo causar algum dano real ou potencial.

As definições de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, muitas vezes, confundem-se. Assim, é fundamental a definição dos termos como base para compreensão teórica do assunto.

Os estudos de suscetibilidade antecedem a avaliação do perigo. A suscetibilidade corresponde à possibilidade de ocorrência de um determinado evento na área analisada, compreendido através de parâmetros que definem uma possibilidade real, como é o caso de registros históricos de inundações em determinados bairros, onde se identificam as áreas inundadas e os períodos de recorrência.

Segundo Julião et al. (2009), a suscetibilidade pode ser entendida como a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações. Dessa forma, as cartas ou mapas de suscetibilidade representam a incidência espacial dos perigos.

O termo “perigo” é usado com o mesmo significado utilizado por Ojeda (1997), definindo como a possibilidade de ocorrência de um fenômeno perigoso, em um determinado período de tempo em uma dada área. No que se refere aos perigos classificados como naturais UNDRO (1979) indica que correspondem à probabilidade de ocorrência, dentro de um período de tempo específico em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso.

A avaliação do perigo de inundação utilizada nesta pesquisa é entendida através da proposta de Deyle et al. (1998), que corresponde ao processo de estimar a extensão geográfica do perigo, a sua magnitude (intensidade) e a probabilidade de ameaça aos interesses humanos.

A vulnerabilidade é um dos conceitos mais complexos, devido à sua ligação com o lado social dos eventos. Veyret (2007) afirma que “a ocorrência do evento tem consequências para as populações e os bens, seus efeitos podem afetar mais ou menos fortemente o funcionamento das sociedades humanas e dos ecossistemas”. Assim como, Dauphiné (2001 apud VEYRET, 2007) assinala que a vulnerabilidade é algo que “exprime o grau das consequências previsíveis geradas por um fenômeno natural e que podem afetar o alvo”.

Entende-se por vulnerabilidade, basicamente, a concepção de Alcántara-Ayala (2002), que pode ser definida como a propensão de um elemento em risco a qualquer tipo de perigo natural a sofrer diferentes graus de perda ou de dano em função da sua particularidade social, fraquezas econômicas, culturais e políticas.

O risco, portanto, dá-se como um termo que engloba os demais, ou seja, o risco é o produto da relação do perigo com a vulnerabilidade. Para melhor esclarecimento, tem-se a definição dada pelo Instituto Geológico de São Paulo que compreende o risco como sendo a expressão: R (risco) = P (perigo) x V (vulnerabilidade) x D (dano).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados de ocorrência foram obtidos com a pesquisa documental de uma série histórica de 30 anos por meio do levantamento das inundações do Rio Vacacaí, junto à prefeitura, publicadas no Jornal Imparcial, consultados os levantamentos realizados por Reckziegel (2007) e na Defesa Civil Estadual. A pesquisa, no período entre 1980 e 2009, permitiu obter informações referentes à data de ocorrência das inundações e dos locais atingidos por meio da identificação de ruas e bairros.

Os dados cartográficos adquiridos para a pesquisa foram utilizados para compor a base cartográfica do mapeamento temático das áreas de suscetibilidade e perigo de inundação. Os dados cartográficos corresponderam ao levantamento de dados topográficos, imagens de satélites de alta resolução obtidas de fontes diversas disponibilizadas pelo software Google Earth Pro, através da organização de mosaico da área e posterior georreferenciamento.

Os dados topográficos foram obtidos com base nas cartas topográficas com escala 1:2.000 com curvas de nível com equidistância de um metro disponibilizadas pela prefeitura municipal de São Gabriel. Trabalhos de campo com equipamentos de posicionamento (GPS), nos bairros de registro de eventos, permitiram determinar a área urbana afetada e caracterizar a população que sofre os danos. A elaboração dos mapas utiliza ferramentas de geoprocessamento elaboradas no software ArcGis 10.

O perigo de inundações foi determinado a partir do cruzamento entre as variáveis: frequência dos eventos, mapa de suscetibilidade determinado pela identificação da planície de inundação, e mapa da área urbana.

A partir da integração dessas informações foram definidos dois diferentes níveis de perigo de inundação em termos de probabilidade espacial e temporal na área de estudo:

Alto Grau de Perigo - áreas urbanas na planície de inundação com alta probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações;

Baixo Grau de Perigo - áreas urbanas na planície de inundação com alta probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações.

Vulnerabilidade a Inundações

Conforme sugere o Ministério das Cidades (2007), a avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando-se, basicamente duas tipologias construtivas: a) alta vulnerabilidade de acidentes - baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira ou restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos; b) baixa vulnerabilidade de acidentes - médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

Os dados do padrão construtivo das residências e a infraestrutura pública disponível foram apurados através de levantamento em campo, por avaliação empírica, estabelecendo-se características que predominavam por determinadas áreas ou zonas.

Para a avaliação do padrão construtivo habitacional foi considerado o material utilizado nas construções e o estado de conservação das mesmas: casas construídas em alvenaria, em madeira ou com outro material; casas aparentando serem construídas de acordo com normas técnicas de engenharia ou aparentando serem autoconstruídas por seus moradores (OLIVEIRA, 2004, p. 87). Nesse sentido, procurou-se avaliar a capacidade de resistência das unidades habitacionais ao impacto dos processos hidrológicos.

Ainda, como fator de fragilidade social, foi também considerada a infraestrutura pública disponível, assim, foi avaliado a estrutura das vias com relação a existência ou não de calçamento, pavimento ou apenas chão, iluminação pública e água encanada. O esgotamento não foi avaliado.

Para se estabelecer o grau de vulnerabilidade com relação ao padrão construtivo e a infraestrutura pública disponível, utilizamos três tipologias e, nesse sentido temos:

Baixo Grau de Vulnerabilidade: bom padrão construtivo, onde predominam casas de alvenaria, em bom estado de conservação, ruas calçadas ou pavimentadas;

Médio Grau de Vulnerabilidade: médio padrão construtivo, onde predominam casas de madeira e casas antigas pouco conservadas, casas de alvenaria inacabadas, alternância entre ruas calçadas e de chão;

Alto Grau de Vulnerabilidade: padrão construtivo precário, com predomínio de casas pequenas, de alvenaria ou de madeira aparentando autoconstrução, casa com material alternativo, casas sem conservação ou manutenção, ruas de chão.

Risco de Inundações

O risco de inundações foi determinado a partir do cruzamento do zoneamento e mapa de perigo e de vulnerabilidade. A expressão utilizada para geração do mapa de risco de inundação foi:

$$R = P \times V$$

onde, “P” corresponde ao Perigo de inundação, o “V” corresponde à Vulnerabilidade a inundações, conforme Quadro 1. O Quadro 2 apresenta a descrição dos diferentes graus de risco.

Quadro 1 – Relação entre perigo e vulnerabilidade indicando os graus de risco

Perigo \ Vulnerabilidade	Vulnerabilidade Baixa	Vulnerabilidade Média	Vulnerabilidade Alta
Perigo Baixo	Risco Baixo	Risco Médio	Risco Alto
Perigo Alto	Risco Médio	Risco Alto	Risco Muito Alto

Quadro 2: Descrição e peso dos graus de risco à inundações

Classe	Descrição
MuitoAlto	Áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas altas ou muito altas consequências de danos a prejuízos.
Alto	Áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas médias consequências de danos a prejuízos.
Médio	Áreas urbanas com baixa probabilidade de ocorrência de inundações, mas que são esperadas médias ou altas consequências de danos e prejuízos; ou Áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, mas são esperadas baixos danos e prejuízos.
Baixo	Áreas urbanas com baixa probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas baixas consequências de danos a prejuízos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste segmento, são apresentados os resultados sobre a análise espaço-temporal das inundações, a suscetibilidade às inundações, o perigo de

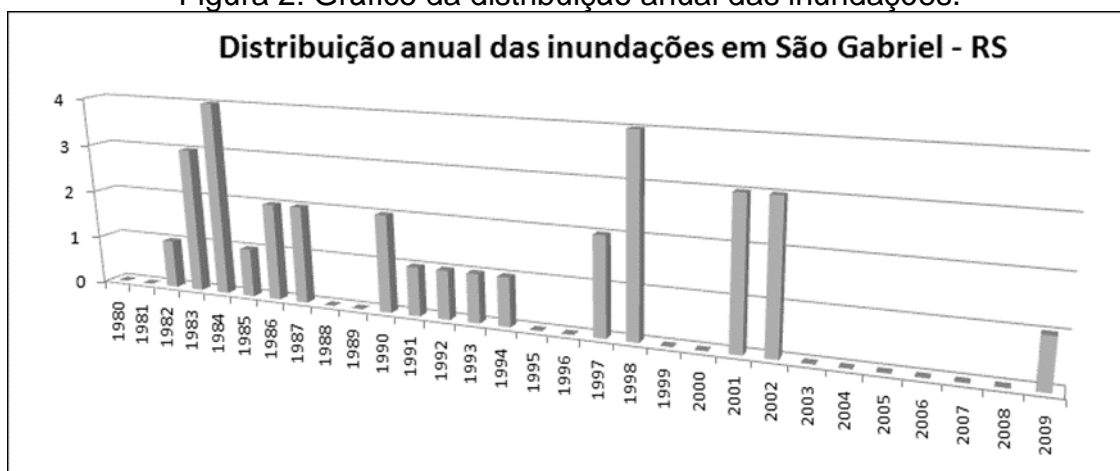
inundação, a vulnerabilidade à inundação e o zoneamento das áreas de risco de inundação pelo Rio Vacacaí no município de São Gabriel.

Análise Espaço-Temporal das Inundações

O levantamento realizado sobre a ocorrência de inundações, na cidade de São Gabriel, entre os anos de 1980 a 2009 determinou dezesseis anos de com eventos, com registro de trinta e dois casos em que a população foi afetada (Figura 2).

Os anos com maior incidência de eventos de inundações foram 1984 e 1998 que apresentaram quatro eventos cada, ou seja, foram os anos mais expressivos nestes trinta anos. Já os anos de 1983, 2001 e 2002 apresentaram três eventos. Em todos eles, foi decretado, em pelo menos um dos eventos, Situação de Emergência.

Figura 2: Gráfico da distribuição anual das inundações.



Com relação à incidência mensal e à significância do evento, os dados indicam que os meses de abril e novembro são os mais importantes, pois são os que mais apresentaram ocorrências de inundações e, também, com maior número de decretos de Situação de Emergência no município.

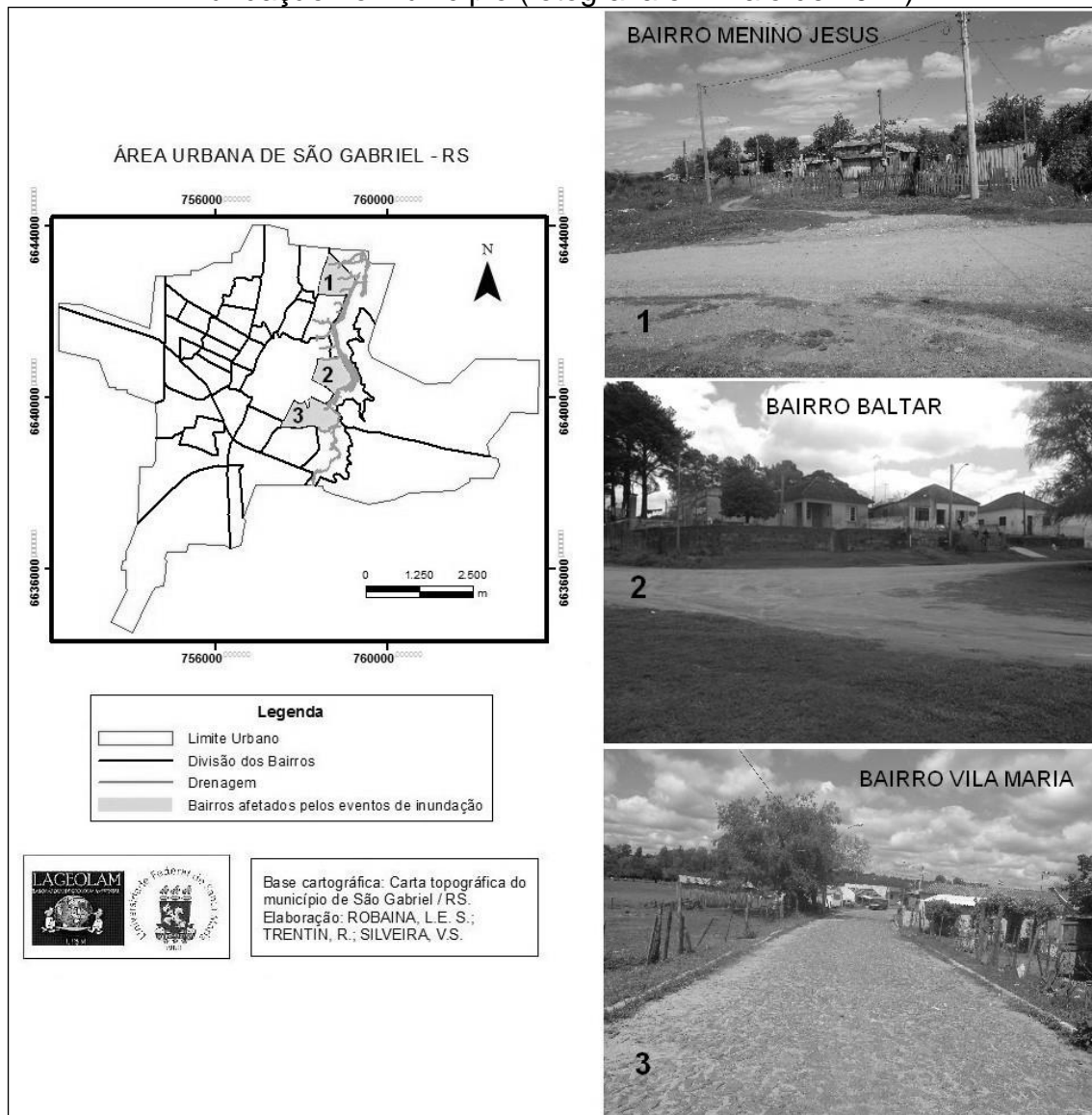
Na análise espacial dos eventos, foram identificados três bairros atingidos (Figura 3): Bairro Vila Maria, Bairro Baltar e Bairro Menino Jesus. O bairro Menino Jesus (1), está localizado mais ao norte, da área urbana, ao longo do rio. Este é o bairro mais vulnerável socialmente, com relação aos três bairros

afetados. A fotografia de direção SW apresenta estas moradias mais precárias, rua sem calçamento e, ao fundo, é possível notar a mata ciliar do Rio Vacacaí.

No bairro Baltar (2), a fotografia de direção NW mostra a Rua Clarestino Bento que é uma das ruas mais afetadas no bairro. As moradias foram colocadas no alto com muros em volta como preparação para a chegada das águas e rua sem calçamento.

Já no bairro Vila Maria (3), a fotografia de direção SW traz a Rua Celestino B. Filho, comumente afetada por inundações. Ao fundo, aparece a mata de galeria do Rio Vacacaí.

Figura 3: Mapa com a localização dos bairros afetados pelos eventos de inundação no município (fotografia em maio de 2011).

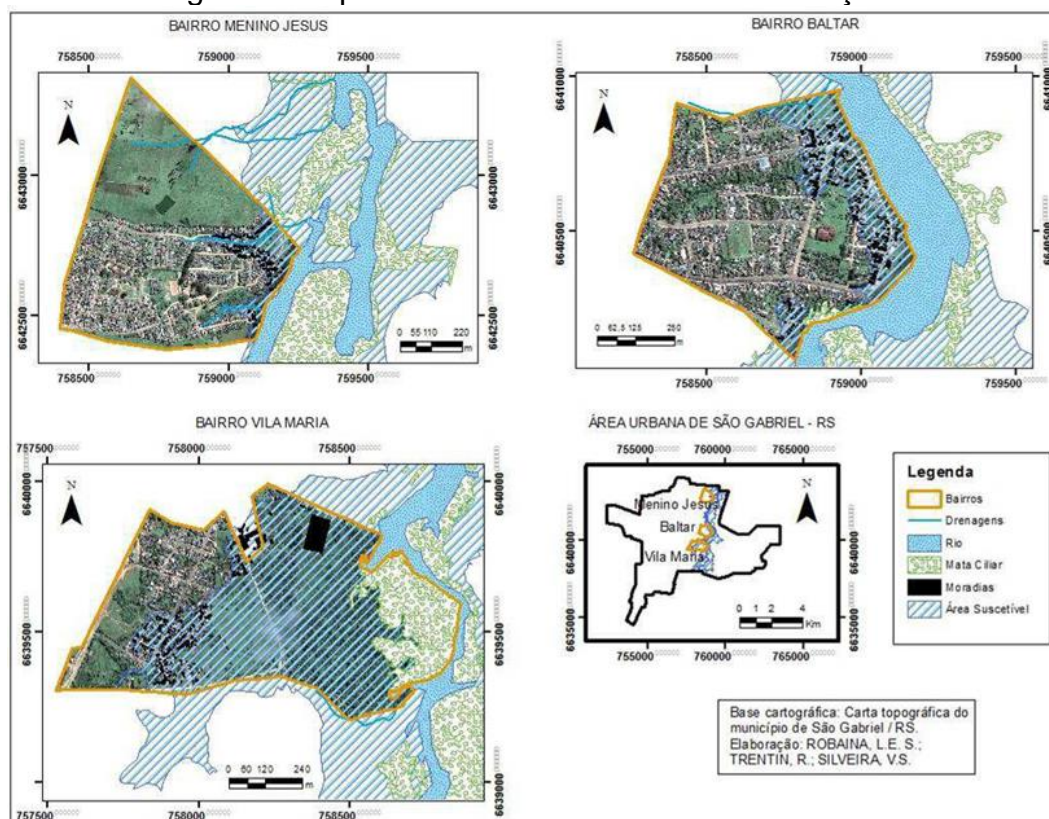


Suscetibilidade às Inundações do Rio Vacacaí

A bacia do Rio Vacacaí encerra cerca de 60% do território de São Gabriel, incluindo a totalidade da região da sede municipal. A definição e a caracterização do limite da área inundável do Rio Vacacaí no município apresentam feições de relevo típicas de áreas em que ocorrem inundações periódicas, ou seja, a rede hidrográfica da região desenvolveu amplas várzeas que, durante o período de cheias, permanecem alagadas. Os divisores de água são superfícies planas geralmente formadas por banhados que separam a drenagem de bacias hidrográficas secundárias.

Os levantamentos de campo permitiram determinar o limite de cheia das águas do rio. Definindo-se assim, que a cota máxima de inundação nos bairros Menino Jesus e Baltar é de 89 m, já no bairro Vila Maria, que apresenta um relevo mais plano, o limite máximo atingiu a cota de 91m. A Figura 4 representa a espacialização da área de suscetibilidade às inundações do Rio Vacacaí nos três bairros afetados.

Figura 4: Mapa das áreas suscetíveis às inundações.



A suscetibilidade é definida como a área da porção urbana afetada por inundações, sendo definida por uma linha contínua ao longo do Rio Vacacaí.

Na margem direita, do Rio Vacacaí, a suscetibilidade cobre uma área de 1,93 km², sendo que, nesta margem, a ocupação urbana ainda não está inserida, ocorrendo somente uso agrícola.

Na margem esquerda do Rio Vacacaí, os processos de inundação ocupam uma área de 1,64 Km² de faixa contínua. Nesta margem, há ocupações por moradias que são atingidas nos períodos de cheias, causando diversos danos.

Assim, soma-se uma área total de suscetibilidade no perímetro urbano de 3,57 Km², sendo que a área total urbana do município é de 46,03 Km², as áreas de suscetibilidade representam 7,75% de toda área urbana.

Definição do Perigo de Inundações

Com o levantamento histórico, verificamos que os bairros afetados pelos eventos apresentam registros ao longo dos anos. Para a definição das classes de perigo, usamos como referência as Áreas de Proteção Permanente. Segundo o Código Florestal (Lei no 4.771, de 15/09/65, alterada pela Lei no 7.803, de 8/08/93), no seu Artigo 2o, Áreas de Proteção Permanente são locais onde devem ser mantidas todas as florestas e demais formas de vegetação natural. Estes locais foram definidos como de proteção especial, pois representam áreas frágeis ou estratégicas em termos de conservação ambiental, não devendo ser modificadas para outros tipos de ocupação. A manutenção da vegetação natural nestes locais contribui para o controle de processos erosivos e de assoreamento dos rios, para garantir qualidade dos recursos d'água e mananciais e para a proteção da fauna local.

Assim, definiu-se uma faixa de 100 metros de largura ao longo do Rio Vacacaí, como a Área de Proteção Permanente. Com a definição das áreas de perigo de inundação, foi possível estabelecer a probabilidade de ocorrência em duas classes: baixo e alto perigo a inundações.

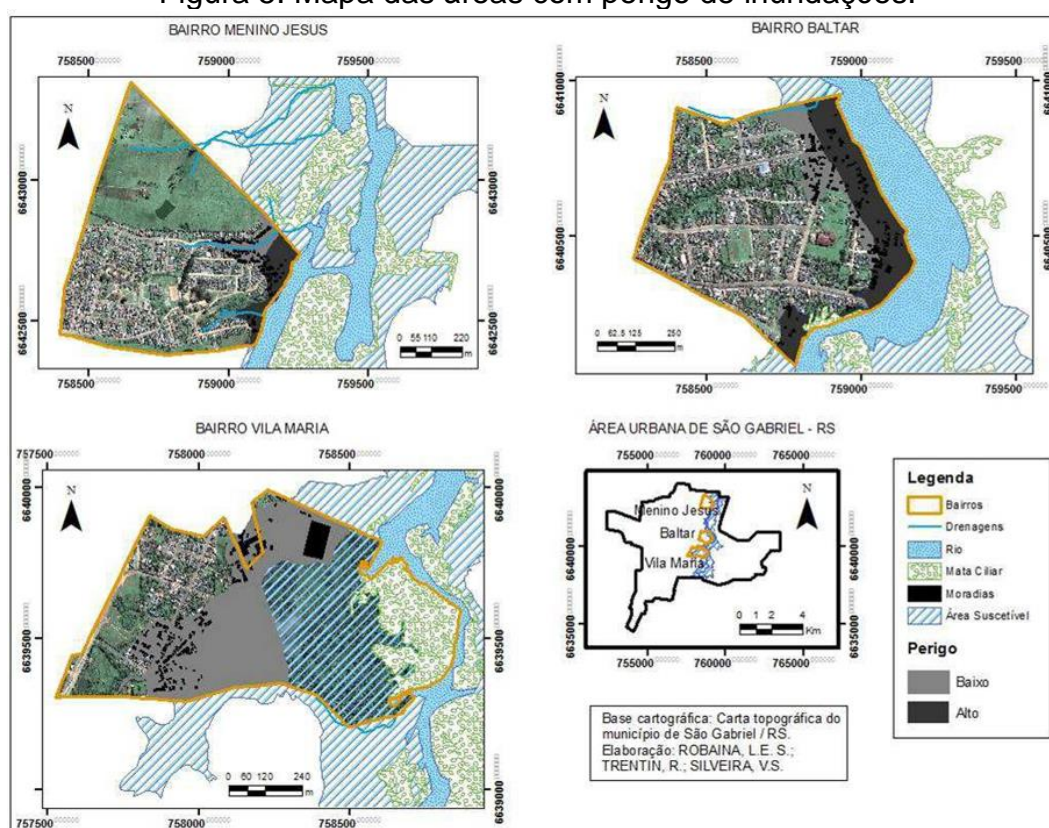
As áreas de baixo perigo estão dentro da faixa de suscetibilidade, porém fora das áreas definidas como proteção permanente. Essas áreas somam-se 0,40 Km², sendo caracterizadas pela predisposição a inundações de baixa frequência.

As áreas com alto perigo de inundações encontram-se dentro do limite de 100 m das Áreas de Proteção Permanente. Essas áreas ocupam 0,22 Km² e são caracterizadas pela ocorrência de inundações de mais alta frequência.

Assim, as áreas de perigo somam 0,62 Km², representando 17,36% dentro da suscetibilidade e 1,34% em comparação com a área urbana do município.

A distribuição espacial das áreas com risco de inundação pode ser observada no mapa da figura 5.

Figura 5: Mapa das áreas com perigo de inundações.



Definição da Vulnerabilidade à Inundações

A definição das áreas com vulnerabilidade a inundações permitiu estabelecer três classes: baixa, média e alta vulnerabilidade a inundações.

O bairro Vila Maria, além de sofrer com as inundações diretas do Rio Vacacaí, ainda é afetado pelas inundações dos arroios que cortam o bairro. Os principais problemas estão nas ruas Homero Veiga de Macedo e Celestino B. Filho. As ruas não possuem calçamento, as moradias apresentam médio padrão

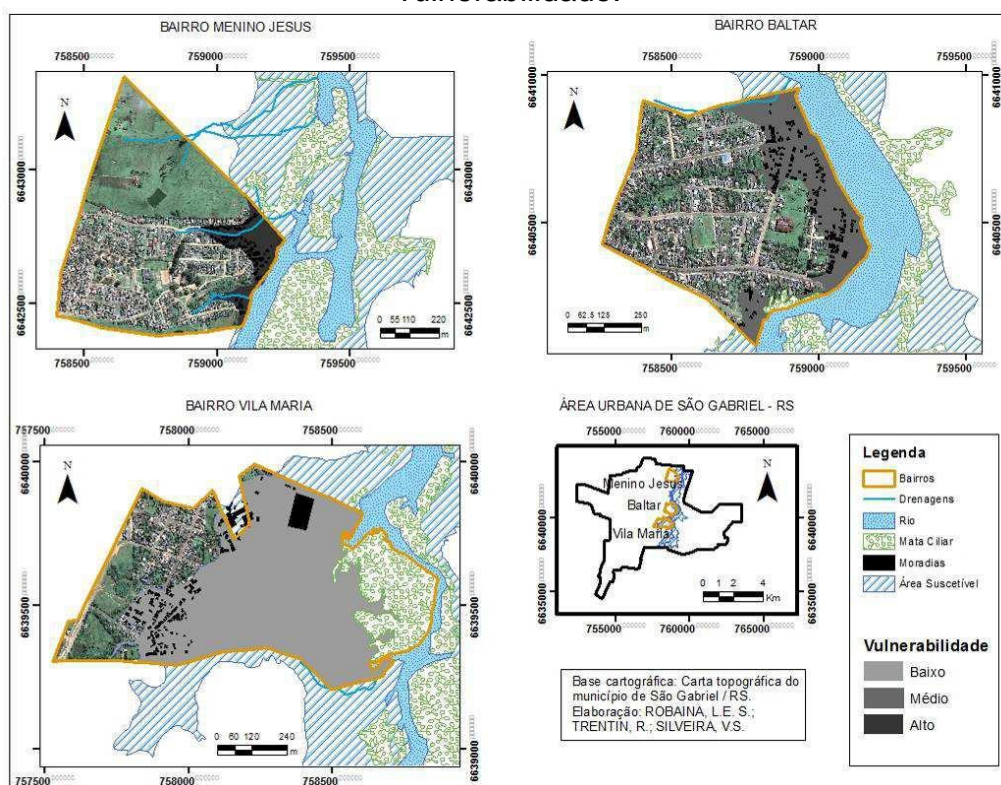
das construções e o adensamento é baixo. Estas características conferem baixa vulnerabilidade ao bairro.

No bairro Baltar, as moradias são altas com muros em volta como preparação para a chegada das águas, principalmente na localidade de Passo da Lagoa. Neste local, as moradias são definidas como médio a baixo padrão. As ruas do bairro não apresentam calçamento, sendo que as mais atingidas pela inundação são a Clarestino Bento e a Rua Alfredo Porcíncula. Esta última pode ser definida como marca da cota de maior cheia do Rio Vacacaí.

O Bairro Menino Jesus, que inclui as localidades de Beira Rio e Pró-Mar, é um dos bairros mais pobres do município. Localiza-se bem ao norte da área ao longo do rio e muito próximo da margem. Há esgoto a céu aberto e ruas sem calçamento. Neste bairro, houve o diagnóstico do padrão mais baixo de moradias em comparação com outros bairros afetados, definindo-se alta vulnerabilidade.

A distribuição espacial das áreas suscetíveis a inundação com as três classes de vulnerabilidade definidas pode ser observada no mapa da Figura 6.

Figura 6: Mapa das áreas suscetíveis a inundação com as classes de vulnerabilidade.



Áreas de Risco de Inundações

A partir da relação entre as áreas de perigo e vulnerabilidade, apresentadas na metodologia, foram definidas quatro classes de risco: baixo, médio, alto e muito alto risco de inundações.

A área com baixo risco de inundações ocupa área de 0,20 km². Esta área está localizada no bairro Vila Maria, onde os parâmetros de perigo e a vulnerabilidade são caracterizados como baixos. Ou seja, nestas áreas existe uma baixa probabilidade de ocorrência de inundações e são esperadas baixas consequências de danos e prejuízos.

A área com médio risco a inundações ocupa área de 0,03 km², está no bairro Baltar, atingindo residências de média vulnerabilidade pela presença de algumas obras de contenção das inundações, como é o caso de muros e aterros. Nessas áreas existe baixa probabilidade de ocorrência de inundações e são esperadas médias ou altas consequências de danos e prejuízos pela vulnerabilidade da população residente.

As áreas com alto risco a inundações ocupam área de 0,11 km², localizam-se no bairro Baltar e bairro Menino Jesus. Caracterizam-se como áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações e onde são esperadas médias consequências de danos e prejuízos pela maior capacidade da população em enfrentar o problema.

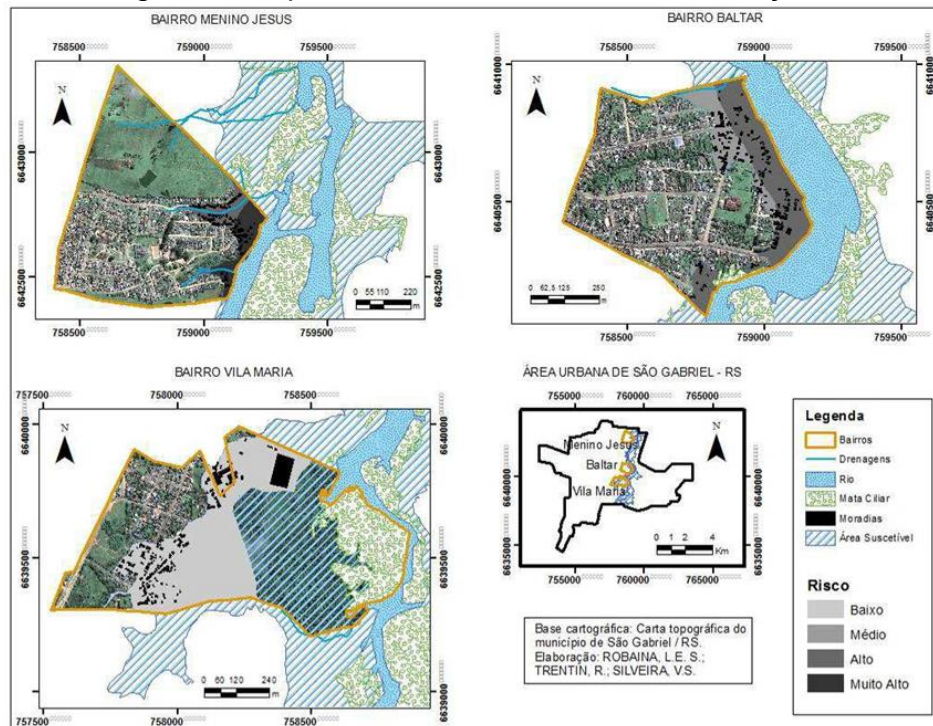
A área com muito alto risco a inundações ocupa área de 0,02 km², é a área com o mais baixo padrão de moradias, localizada no bairro Menino Jesus, onde a área urbana aproxima-se mais da margem direita do Rio Vacacaí. Representam áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas altas ou muito altas consequências de danos a prejuízos.

A distribuição espacial do zoneamento das áreas com risco de inundações, na área urbana de São Gabriel, pode ser observada no mapa da Figura 7.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir destes levantamentos de dados e da sua análise quanto aos processos de inundações ocorridas no município de São Gabriel, no Estado do Rio Grande do Sul, foi possível compreender melhor a dinâmica destes eventos no município.

Figura 7: Mapa das áreas com risco de inundações.



O trabalho de zoneamento identificou quatro graus de risco na área urbana do município de São Gabriel. O baixo risco encontra-se no bairro Vila Maria, onde a probabilidade de ocorrência de inundações é baixa e a população apresenta uma vulnerabilidade média à baixa; o médio risco foi identificado no bairro Baltar onde a probabilidade e ocorrência de inundação é baixa e a vulnerabilidade da população é predominantemente média; o alto risco foi encontrado nos bairros Baltar e Menino Jesus onde o perigo de ocorrência de inundação é alto e; muito alto risco encontra-se no bairro Menino Jesus onde o perigo de ocorrência de evento é alto e a população é muito vulnerável, o que amplia os danos.

O entendimento dos conceitos e discussões feitas ao longo do trabalho é de grande importância para o início da contribuição de qualquer atividade de planejamento ambiental e gestão territorial, buscando a participação de todos os setores da sociedade.

Nas áreas determinadas como suscetíveis devem ser implementadas ações que evitem a ocupação ou tornem-nas de uso restrito, evitando-se, assim, o surgimento de novas áreas de risco com ocorrência de desastres.

Nas áreas de risco, as ações de gestão e planejamento devem buscar eliminar e/ou mitigar as perdas. Em alguns casos, reassentamentos devem ser avaliados. Em qualquer caso, é fundamental a participação, no planejamento das ações, da população envolvida.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, Natural Hazard, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries. **Geomorphology**, v. 47, n 2-4, p. 107-124, 2002

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de Desastres**. Brasília: [s.n.], 2003.

DAUPHINÉ, A. **Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer**. Armand Colin, Coll. U, Paris, 2001.

DEYLE, R.E.; FRENCH, S.P.; OLSHANSKY, R.B. & PATERSON, R.G. Hazard Assessment: The Factual Basis for Planning and Mitigation. In: CUTTER, S. (ed.). **Cooperating with Nature. Confronting Natural Hazards with Land-Use Planning for Sustainable Communities**. Washington, D.C. Joseph Henry Press. 1998

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/index.php>>. Acesso em: 09 jan. 2012.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE SÃO PAULO. **Série Desastres Naturais**. Disponível em: < <http://www.igeologico.sp.gov.br>> Acesso em: 09 jan. 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate changes: The Physical Science Basis. **Summary of Policymakers**. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>

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

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p. Disponível em <http://www.labhidro.ufsc.br/publicações.html>

MAIA, L. P. **Geomorfologia Aplicada: Teoria e Prática**. Mercator – Revista da Geografia da UFC, v. 1, n. 2, p. 133 – 137, 2002.

MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A Relação entre o Social e o Natural nas Abordagens de Hazards e de Desastres. **Ambiente & Sociedade** - ano IV - n. 9 - jul. - dez. 2001.

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.

OJEDA, A. **Crecidas e Inundaciones como Riesgo Hidrológico un Planteamiento Didáctico**. Universidad del País Vasco. Lurralde. 1997

OLIVEIRA, E. L. de A. **Áreas de risco geomorfológico na bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria-RS: zoneamento e hierarquização**. 2004. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PELOGGIA, A. **O Homem e o Ambiente Geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Xamã, 1998, 271p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL. **Plano diretor do município de São Gabriel**. Disponível em: < <http://www.saogabriel.rs.gov.br>> Acesso em: 24 jan. 2012.

RECKZIEGEL, Bernadete. **Relação dos desastres naturais registrados em municípios do estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 261 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SOUZA, C.R.G. Flooding in the São Sebastião Region, Northern Coast of São Paulo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 70 (2): 353-366, 1998

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Curso de Gestão das Inundações urbanas**. 2005.

UNITED NATIONS DISASTER RELIEF OFFICE.UNDRO's (UNDRO). **Approach to Disaster Mitigation**. UNDRO News, jan.-febr.1991.Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Co-ordinator. 20p., 1991.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UM-ISDR) – **Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, United Nations**. Geneva, Suíça. 2002. Disponível em: http://www.unisdr.org/eng/about_isdr/bd-lwr-2004-eng.htm.

VEYRET, Yvette (Org.). **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

ESTUDOS DE ÁREAS DE RISCO: O CASO DE CACHOEIRA DO SUL/RS

Romario Trentin; Danielli Flores Dias

<https://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/40775>

Resumo: O município de Cachoeira do Sul, localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, possui mais de 85% de sua população em área urbana, onde grande parte localiza-se em áreas baixas, próximas ao Rio Jacuí e seus afluentes, e com isso, sofrem com os seguidos processos de inundação. A metodologia deste trabalho buscou identificar e analisar as consequências que essas inundações causaram a população urbana do município, bem como auxiliou em algumas medidas preventivas para tentar-se evitar esses desastres. A partir da análise de trinta e um anos (1980 a 2011) verificou-se que em dez anos ocorrem registros de inundações e os bairros mais afetados por essas inundações são: Aldeia, Beco do Amorim, Bom Retiro e Cristo Rei.

Palavras-chave: Cachoeira do Sul; Inundações; Risco; Suscetibilidade; Vulnerabilidade.

STUDIES OF RISK AREAS: THE CASE OF CACHOEIRA DO SUL/RS

Abstract: The city of Cachoeira do Sul, located in the state of Rio Grande do Sul, has more than 85% of its population in urban areas, where most located in low-lying areas near the river Jacuí, and thereby suffer followed with flooding processes. The methodology of this study was to identify and analyze the consequences that these floods have caused the city's urban population as well as helped in some preventative measures to try to prevent these disasters. From the analysis of thirty-one years (1980 to 2011) it was found that in ten years records of floods and occur mainly in districts of Aldeia, Beco do Amorim, Bom Retiro e Cristo Rei.

Keywords: Cachoeira do Sul. Floods. Risk. Susceptibility. Vulnerability.

ESTUDIOS DE ZONAS DE RIESGO: EL CASO DEL CACHOEIRA DO SUL/RS

Resumen: El municipio de Cachoeira do Sul, ubicado en centro del estado de Rio Grande do Sul, con más de 85% de su población en la zona urbana, donde una parte es ubicado en zonas bajas cercanas al río Jacuí y sus afluentes, y por lo tanto, sufrió los procesos de inundaciones. Este estudio identifica y analiza las consecuencias de las inundaciones han causado a población urbana de la ciudad, así como algunas medidas preventivas para tratar de este tipo de desastres. A partir del análisis de treinta y un años (1980-2011) se encontró que en diez años se producen registros de inundaciones y los barrios más afectados por estas inundaciones son: Aldeia, Beco do Amorim, Bom Retiro e Cristo Rei.

Palabras clave: Cachoeira do Sul; Inundaciones; Riesgo; Susceptibilidad; Vulnerabilidad.

INTRODUÇÃO

O elevado crescimento populacional e a constante expansão urbana que vem ocorrendo no Brasil a partir das últimas décadas deflagraram um processo de ocupação desordenada do solo, bem como acentuou a segregação socioespacial nas cidades. Este processo teve inúmeras consequências, e dentre elas podemos destacar as habitações precárias em áreas sujeitas a

processos de dinâmica superficial, desencadeadores de desastres e acidentes, como as ocupações em planícies de inundação e encostas de morros.

Peloggia (1998) salienta que as áreas de risco surgem como uma interação do meio natural com o meio social. O meio natural impõe obstáculos para a ocupação de certas áreas, mas é o meio social, ao ocupar as áreas naturalmente susceptíveis, que acaba desencadeando o surgimento do risco e potencializando a ocorrência de desastres.

Dessa forma, a relação estabelecida entre a dinâmica dos fenômenos naturais adversos e a ocupação antrópica resulta no surgimento das áreas de risco, onde, muitas vezes, têm-se o registro de desastres naturais de significativa dimensão, ocasionando os danos e as perdas sociais e econômicas. As inundações são causadas por precipitações anômalas que extravasam a capacidade de recepção dos corpos hídricos (rios, lagoas, lagoas, etc.), fazendo com que a água transborde para as áreas adjacentes, causando danos.

Segundo a Agência Nacional das Águas, a ocorrência de desastres relacionados às inundações em áreas urbanas no Brasil tem se intensificado e tornado mais recorrente a cada ano. À medida que aumenta a demanda pela terra urbana, a sua valorização torna-se crescente, deslocando populações de menor poder aquisitivo para áreas com problemas geotécnicos, como nas encostas ou margens de drenagens fluviais, onde o preço da terra é menos valorizado. Assim, conjugada à falta de fiscalização do poder público municipal, decorre a segregação social do espaço e a consequente instalação de populações em áreas sujeitas à ocorrência de eventos naturais adversos, geralmente, localizadas próximas a corpos d'água.

Daí decorre a percepção do aumento da frequência e da intensidade de desastres, na segunda metade do século passado, que, em verdade, não se pode atribuir inteiramente ao incremento da magnitude e constância de eventos naturais adversos, mas, em grande parte, à ocupação extensiva do espaço geográfico sem que haja observância das dinâmicas naturais locais.

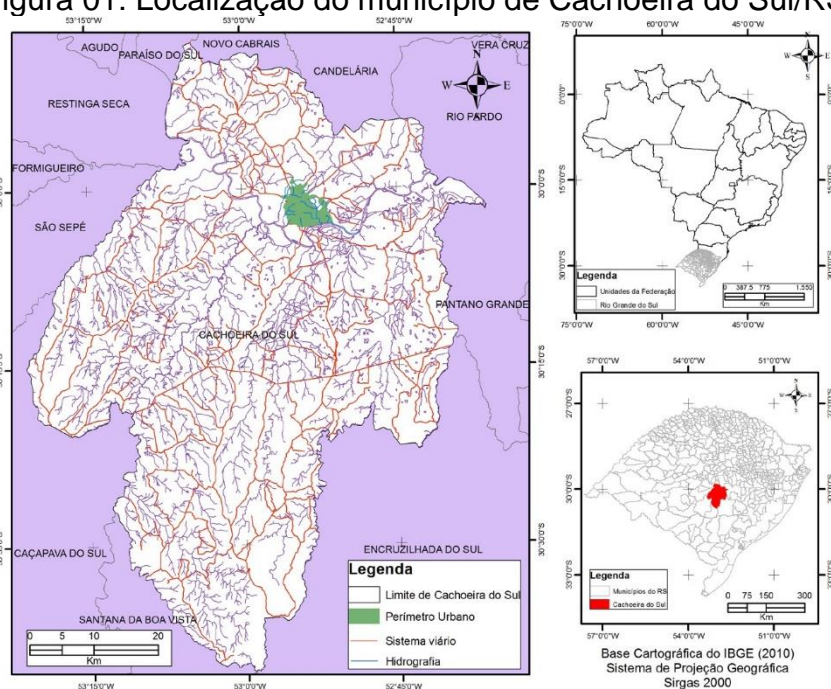
O Rio Grande do Sul caracteriza-se pela presença de uma ampla rede de drenagens e, desde o início, a ocupação do território manteve uma estreita relação com os rios que compõem o estado chamado de Rio Grande. Pode-se dizer que a história das primeiras cidades está diretamente ligada à proximidade

com corpos d'água, sendo, ali, estruturados grandes centros urbanos e desenvolvidas atividades de significativa importância econômica para o estado.

A cidade de Cachoeira do Sul, localizada junto ao Rio Jacuí e seus afluentes, tendo sido afetada regularmente por processos de inundação. Dessa forma este trabalho, traz como abordagem principal, uma análise dos processos de inundações no município de Cachoeira do Sul/RS, desde o ano de 1980 até o ano de 2011, mostrando o nível de intensidade do evento, os locais mais atingidos, bem como o número de pessoas afetadas com as mesmas.

Cachoeira do Sul é um município localizado no Estado do Rio Grande do Sul, na Mesorregião Centro Oriental Rio-Grandense e na Microrregião de Cachoeira do Sul, próximo as coordenadas geográficas de $-30^{\circ} 02' 20''$ (latitude) e $-52^{\circ} 53' 38''$ (longitude), (Figura 01). De acordo com dados do IBGE (2010), o município possui uma área total de 3.735,167 km², sendo deste total, 45,97 km² (ou 4.597,62 hectares) representam a sua área urbana, possui população total estimada em aproximadamente 83.827 habitantes, bem como uma densidade demográfica de 22,4 habitantes/km². O município faz parte da REDEC III (3ª Regional da Defesa Civil), com sede no município de Santa Maria/RS que atende os municípios da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 01: Localização do município de Cachoeira do Sul/RS



Fundamentos e Conceitos

De uma forma geral e ampla, conforme menciona Castro (1998), inundação significa o processo de transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas.

Castro (2003) classifica as inundações em função de seu padrão evolutivo, que são estes: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.

Nas inundações graduais ou enchentes, as águas se elevam de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheias por um tempo, e mais tarde, escoam-se gradualmente. Essas inundações graduais ou enchentes, são cíclicas e nitidamente sazonais; ou seja, relacionam-se muito mais com períodos demorados de chuvas contínuas do que com chuvas intensas e concentradas. Esse fenômeno caracteriza-se por sua abrangência e grande extensão.

As inundações bruscas ou enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos canais, os quais se escoam de forma rápida e intensa. As enxurradas são típicas de regiões acidentadas e geralmente ocorrem em bacias ou sub-bacias de médio e pequeno porte.

Os alagamentos são águas que se acumulam no leito das ruas e nos perímetros urbanos por intensas precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Tucci (2005 apud BAZZAN, 2011) ressalta que nos alagamentos, o extravasamento de águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

Outra proposta de classificação, também muito usada, é apresentada pelo IPT (2004) que classifica os processos hidrológicos que atuam exclusivamente na calha principal do rio em duas categorias: enchente ou cheia e inundação.

A enchente ou cheia é a elevação temporária do nível da água em um canal de drenagem devido ao aumento de sua vazão. Na sequência, a inundação consiste no processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais, quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.

Segundo o IPT (2004), os alagamentos e as enxurradas, são classificados como processos hidrológicos que podem ocorrer associados, ou não, com os de natureza fluvial. Segundo o Glossário da Defesa Civil, Castro (1998), o alagamento é definido como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem; já a enxurrada é definida como o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.

Tucci (2005) apresenta uma tipologia com base no escoamento pluvial que pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados: inundações em áreas ribeirinhas e/ou inundações devido à urbanização. As inundações de áreas ribeirinhas são as naturais que ocorrem no leito maior dos rios, devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. Já as inundações, devido à urbanização, são as que ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

Para esse trabalho, a inundação é definida como o transbordamento das águas dos cursos fluviais para a planície aluvial dentro da área urbana, onde pode causar algum dano real ou potencial.

Para a melhor compreensão deste trabalho, é imprescindível a definição dos termos suscetibilidade, vulnerabilidade, perigo e risco, pois, por possuírem conceitos parecidos, muitas vezes estes se confundem. As definições desses termos são fundamentais para a compreensão teórica do assunto.

Os estudos de suscetibilidade antecedem à avaliação do perigo. A suscetibilidade corresponde à possibilidade de ocorrência de algum tipo de evento na área a ser estudada, compreendido através de parâmetros que definem uma possibilidade real, como por exemplo, os registros históricos de inundações em determinados bairros, onde se identificam as áreas inundadas, bem como seu período de ocorrência.

Segundo o Glossário de Defesa Civil, Castro (1998), a suscetibilidade é uma tendência, sendo esta maior ou menor, que uma determinada área possa a vir sofrer com a dinâmica dos processos naturais.

A avaliação do perigo constitui o primeiro nível de avaliação do risco. Para Ojeda (1997), o termo perigo significa a possibilidade de ocorrência de um fenômeno perigoso, em um determinado período de tempo e em uma dada área.

Os fenômenos perigosos citados por Ojeda (1997) possuem o mesmo significado que eventos perigosos citados por Zuquete et al. (1995) e aos eventos adversos apontados por Castro (1998).

Zuquete et al. (1995) apontam que os eventos perigosos são fenômenos naturais ou não, fatos sociais ou semelhantes que provocam algum tipo de perda aos componentes do meio ambiente, sendo caracterizados principalmente por sua intensidade.

Por sua vez, Castro (1998) define os eventos adversos como a ocorrência desfavorável, prejudicial, imprópria; é um acontecimento que traz prejuízos, infortúnio, constituindo assim, um fenômeno causador de um desastre.

A partir das rápidas definições apresentadas, entende-se o perigo de inundação como um fenômeno natural que pode ocorrer em determinadas épocas, causando sérios danos nas áreas impactadas (KOBİYAMA et al., 2006).

Segundo Cardona (2001), a vulnerabilidade é definida pela predisposição intrínseca dos componentes antrópicos expostos ao perigo. Dessa forma, a vulnerabilidade é essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social e um produto dos processos sociais e históricos.

Ojeda (1997) destaca que a vulnerabilidade pode corresponder ao grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos expostos; e acrescenta que o seu grau está relacionado com a magnitude de determinado perigo. Essa definição é apresentada por UNDRP (1979), Veyret (2007) e Julião et al. (2009).

Na concepção de Alcântara-Ayala (2002), a vulnerabilidade se define como a propensão de um elemento em risco a qualquer tipo de perigo natural a sofrer diferentes graus de perda ou de dano em função de sua particularidade social, fraquezas econômicas, culturais e políticas. Alcântara-Ayala (2002) ressalta ainda, que na definição de vulnerabilidade, o nível de organização social, político, cultural e econômico, também influencia no mesmo. A partir das definições apresentadas, o conceito de vulnerabilidade utilizado nessa pesquisa, é aquele que entende a vulnerabilidade como o grau ou probabilidade de perda ou danos dos elementos expostos à ação de um determinado perigo, considerado a capacidade de resposta destes elementos expostos.

Conforme menciona Castro (2003), o termo risco pode ser definido como uma categoria de análise associada, a priori, às noções de incerteza, exposição ao perigo, perdas e prejuízos materiais, econômicos e humanos, em função dos

processos de ordem natural (processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas.

Julião et al. (2009) acrescentam à definição de risco, a probabilidade de um processo perigoso, bem como a respectiva estimativa das suas consequências sobre pessoas, bens ou ambiente, expressas em danos corporais e/ou prejuízos materiais e funcionais, diretos ou indiretos.

Assim sendo, o risco compreende termo que engloba os demais, ou seja, o risco é o produto da relação do perigo com a vulnerabilidade, dada pela expressão: $R \text{ (risco)} = P \text{ (perigo)} \times V \text{ (vulnerabilidade)}$.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas para a sua realização, que serão citadas e explicadas logo a seguir:

ETAPA 01: Coleta, Organização e Análise dos Dados Básicos

Nessa primeira etapa foi realizada a revisão bibliográfica sobre a temática e as características físicas e socioeconômicas, procurando identificar e compreender melhor o município em estudo.

Ainda nesta etapa, desenvolveu-se o levantamento dos eventos que atingiram o município de Cachoeira do Sul/RS, no período de 1980 a 2011. Para isso, entre os anos de 1980 e 2005, os dados foram obtidos através do levantamento realizado por Reckziegel (2005). Já para o período entre 2006 e 2011, os dados foram obtidos através dos levantamentos realizados pela Defesa Civil.

ETAPA 02: Estudos de Detalhe

Através da base cartográfica disponibilizada pela Prefeitura municipal de Cachoeira do Sul, foi possível estabelecer a determinação das áreas de susceptibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco no perímetro urbano da referida cidade.

Esta etapa consistiu em estudo em campo, onde se descreveu as principais características do meio natural e da ocupação. Nestes trabalhos, também, foram realizadas conversas com moradores onde coletou-se informações referente aos danos causados por processos de inundação. Os

locais foram mapeados com auxílio de equipamentos de posicionamento (GPS) e com registro fotográfico.

A suscetibilidade foi delimitada através dos registros levantados no inventário, bem como através dos relatos de moradores nos trabalhos de campo e da base cartográfica elaborada, onde foi possível a delimitação das áreas planas associada aos cursos de água no perímetro urbano de Cachoeira do Sul.

Para a delimitação das áreas de perigo de inundação foram utilizadas como base o limite da susceptibilidade associadas às áreas com ocupação urbana. Para estabelecer o grau de perigo foram criadas duas classes, estabelecidas conforme a distância das casas em relação às margens dos arroios afluentes do Rio Jacuí, que são os que provocam as inundações no município. Considerou-se a medida de um lote urbano para definir os limites. Dessa forma, as moradias que se situam até 15m de distância dos arroios estão sujeitas a um Perigo Alto, já as áreas que se localizam a uma distância superior aos 15 metros apresentam um Perigo Baixo,

A vulnerabilidade de um determinado local é definida pelas características do local, como infraestrutura urbana e das casas, padrão das ruas, nivelação do terreno, obras de contenção das enchentes, entre outras. No município de Cachoeira do Sul foram estabelecidos dois tipos de vulnerabilidades à inundação, de acordo com as características de cada local, sendo elas definidas como vulnerabilidade baixa ou alta.

Para se estabelecer o risco de inundação no município de Cachoeira do Sul utilizou-se de uma equação que permitiu determinar os graus de cada risco que atingem o município. Desta forma para a determinação do Risco foi utilizado o cruzamento da vulnerabilidade urbana com o perigo encontrado na área:

$$R = V \times P$$

onde, “V” corresponde à Vulnerabilidade à Inundação e o “P” corresponde ao Perigo de Inundação.

Os produtos cartográficos foram elaborados através da utilização de SIG usando software ArcGis 10.

ETAPA 3: Divulgação dos Dados

A finalização do trabalho consiste na divulgação dos resultados alcançados, visando servir de base aos órgãos responsáveis pela gestão do risco, com o intuito de apresentar o município de Cachoeira do Sul/RS, com os conhecimentos das áreas suscetíveis à ocorrência de processos geomorfológicos de riscos, servindo de subsídio à Prefeitura Municipal e às ações da Defesa Civil.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inventário das Inundações entre 1980 e 2011

No decorrer dos anos entre 1980 e 2011, Cachoeira do Sul/RS foi afetada por dez registros de inundações, que trouxeram muitos prejuízos para a população urbana do município. A área urbana não é atingida diretamente pelo transbordamento do Rio Jacuí, mas pelo represamento das águas de seus afluentes que cruzam a cidade. Em todas as situações de inundação, o município decretou Situação de Emergência, pois os bairros atingidos (Mauá, Augusta, Barcelos, Bom Retiro, Otaviano, Oliveira e Marina), sofreram grandes prejuízos pela intensidade dessas inundações.

O Quadro 01 mostra os anos em que houve inundações no município, bem como o mês de sua ocorrência. A partir dos dados apresentados observa-se que as inundações ocorreram predominantemente nos meses junho, julho e outubro, ou seja, em épocas que apresenta as maiores precipitações pluviométricas, conforme as características climáticas desta região do estado do Rio Grande do Sul.

O Quadro 02 mostra as ocorrências, bem como sua classificação de intensidade dos fenômenos de El Niño que atingiram a região, conforme informações disponibilizadas pelo CPTEC (2013).

O levantamento dos dados dos eventos de inundação no município mostra que os mesmos ocorrem com determinada ciclicidade; obedecendo aos períodos de recorrência de “El Niño” que ocasiona a grande concentração de chuva no Estado. A Figura 2 mostra registros fotográficos realizados pela Defesa Civil do município durante atendimentos às famílias atingidas pela inundação ocorrida no município, no ano de 2009.

Quadro 01: Ocorrência de Inundações no município de Cachoeira do Sul/ RS.

Mês/Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1982						X						
1983							X					
1984					X							
1992				X								
1993						X						
1994										X		
2002										X		
2004							X					
2007										X		
2009											X	

Organização: Dias, D. F. (2012)

Quadro 02: Ocorrência de El Niño no período de 1980 a 2010

Fraco	Moderado	Forte
1979-1980		
		1982-1983
	1986-1988	
		1990-1993
	1994-1995	
		1997-1998
	2002-2003	
2004-2005		
2006-2007		
2009-2010		

Fonte: (Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical, apud CPTEC, 2013)

Figura 2: Inundação ocorrida no ano de 2009, no Bairro Cristo Rei.



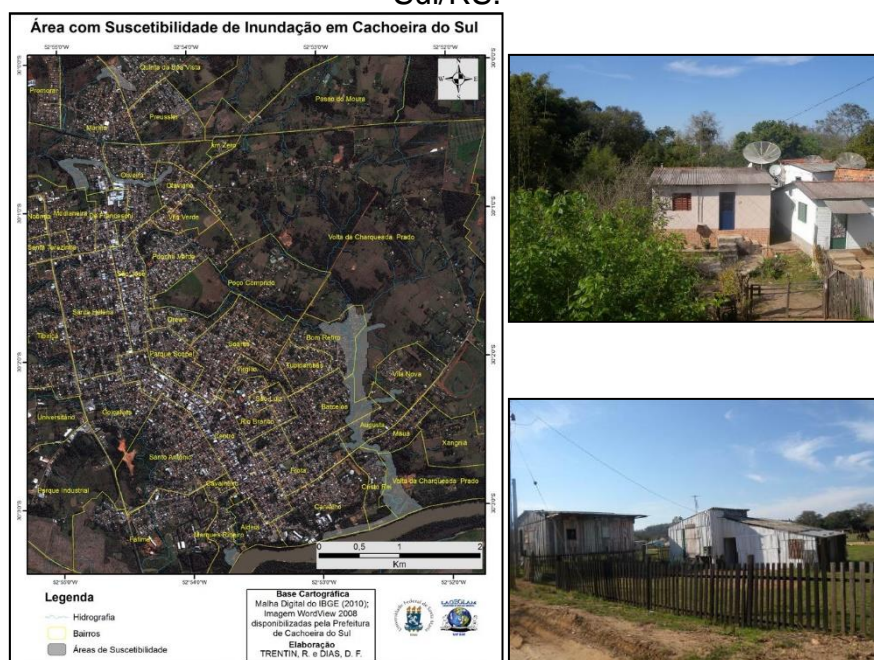
Fonte: Defesa Civil Municipal.

Suscetibilidade à Inundação

A suscetibilidade representa a probabilidade que esse determinado local, venha a sofrer com os processos de inundações. Como boa parte do perímetro urbano do município de Cachoeira do Sul/RS é banhado pelos afluentes do Rio Jacuí, em períodos de chuvas intensas, essa é a região que mais sofre com as inundações.

A Figura 3 apresenta uma imagem de alta resolução espacial retirada do Google Earth Pro, onde observa-se a área urbana e estão identificados os cursos d'água e determinado uma zona da área urbana suscetível a ocorrência de inundação. Analisando a imagem percebe-se que as áreas estão localizadas ao longo do afluente do Rio Jacuí. Além disso, são mostrados fotografias das ocupações ao longo dos cursos de água.

Figura 3: Indicação de áreas de inundação, conforme inventário levantado, indicando as áreas suscetíveis à inundação no município de Cachoeira do Sul/RS.



Fonte: Arquivo Pessoal.

As áreas afetadas pelas inundações, segundo registros obtidos são predominantemente relacionados a porção sul da área urbana do município próximos a planície de inundação do Rio Jacuí e aos afluentes que deságuam nesta porção. Também se observa pequenas áreas com suscetibilidade a inundação na porção norte da área urbana junto aos canais de drenagem, onde

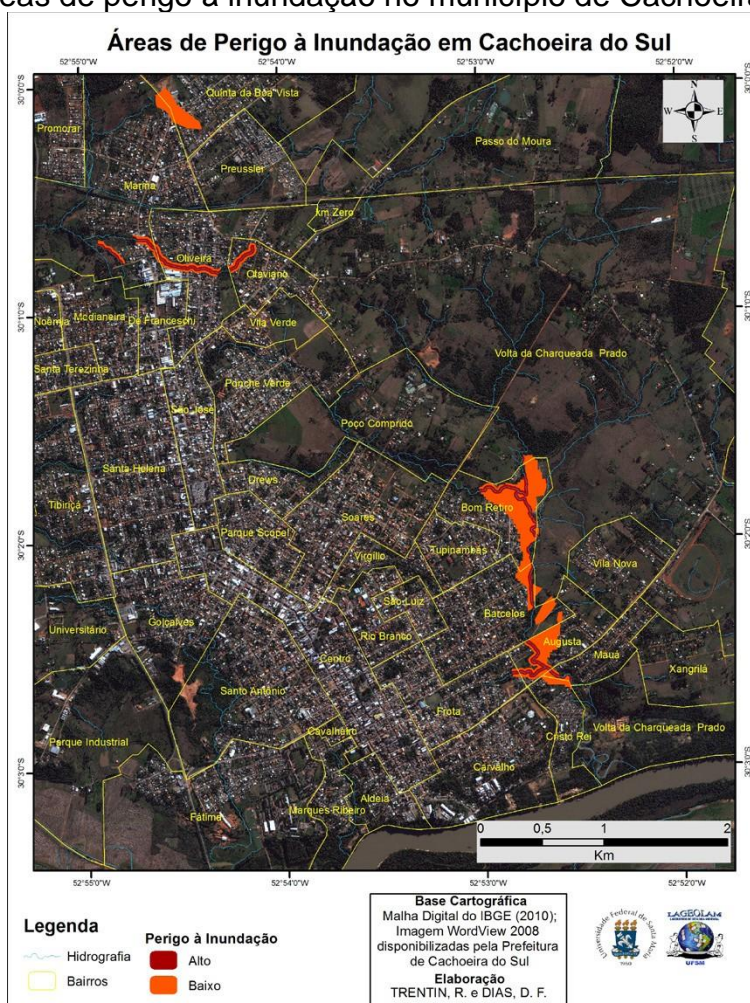
a ocupação muitas vezes induz a ocorrência do processo por barramentos e assoreamentos. As áreas de suscetibilidade a inundações no perímetro urbano do município de Cachoeira do Sul ocupam 125,15 hectares.

Perigo à Inundação

As inundações que causam danos na cidade de Cachoeira do Sul, ocorrem nas áreas planas dos bairros Cristo Rei, Mauá, Augusta, Barcelos, Bom Retiro, Oliveira, Otaviano, Marina e Quinta da Boa Vista existem áreas ocupadas que são atingidas pelas inundações.

O grau de perigo definido pelas distâncias das moradias ao curso d'água permitiu identificar para o perigo alto uma área 10,95 hectares, enquanto, para o perigo baixo 36,42 hectares (Figura 4). O Quadro 03 traz uma breve descrição de cada classe de Perigo à Inundação.

Figura 4: Áreas de perigo à inundação no município de Cachoeira do Sul/ RS.



Quadro 03: Classificação das classes de perigo.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas na planície de inundação, com alta probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações, com proximidade menor que 15 metros do curso de água.
Baixa	Áreas urbanas na planície de inundação, com média a baixa probabilidade temporal de serem atingidas por inundações, com distância do curso de água superior a 15 metros.

Fonte: Adaptado de Silveira, V. S. (2012).

Vulnerabilidade à Inundação

A vulnerabilidade relaciona-se diretamente a populações afetadas, pois esse elemento é determinante na magnitude dos desastres, como para se determinar graus de risco. “Não há risco sem que uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer com seus efeitos” (VEYRET, 2007, p.11).

No município de Cachoeira do Sul foram estabelecidos dois tipos de vulnerabilidades à inundação, de acordo com as características de cada local, conforme mostra o Quadro 04.

Conforme sugere o Ministério das Cidades (2007), a avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo considerando-se, basicamente duas tipologias construtivas: a) alta vulnerabilidade de acidentes - baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira ou restos de material, com infraestrutura deficiente e com baixa capacidade de reestabelecer as condições normais pós-evento; b) baixa vulnerabilidade de acidentes - médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com capacidade de restabelecer as condições normais pós-evento.

Quadro 04: Classificação das classes de vulnerabilidade.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas com baixo e muito baixo padrão de moradias, adensamento relativamente alto, baixa capacidade de ações contra inundações.
Baixa	Áreas urbanas com médio padrão de moradias, que apresentam número reduzido de moradias atingidas pelas inundações.

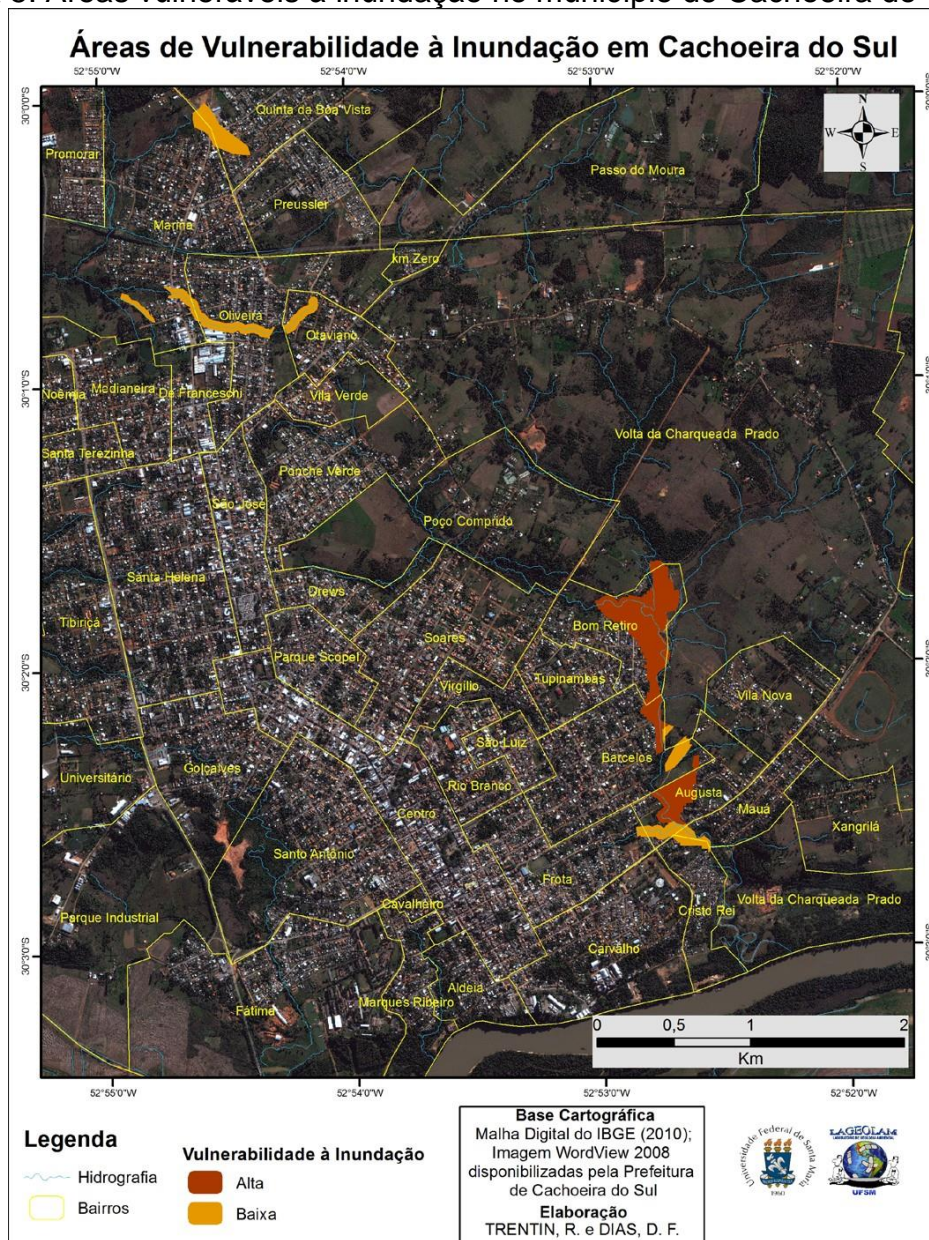
Fonte: Adaptado de Silveira, V. S. (2012).

De acordo com os trabalhos de campo realizados para identificação da vulnerabilidade urbana e do mapa elaborado sobre a vulnerabilidade do

município de Cachoeira do Sul/RS (Figura 5) conclui-se que os bairros que apresentam Vulnerabilidade Alta são: Augusta, Barcelos e Bom Retiro. Já os bairros que apresentam Vulnerabilidade Baixa são: Augusta, Cristo Rei, Mauá, Barcelos, Oliveira, Otaviano, Marina e Quinta da Boa Vista.

Quanto às áreas de baixa vulnerabilidade no município de Cachoeira do Sul, foi definida uma extensão de 20,25 hectares, ocupando principalmente as áreas atingidas por inundações localizadas na porção noroeste do município. Já às áreas de alta vulnerabilidade atingem 27,07 hectares, predominantemente localizadas na porção sul do município.

Figura 5: Áreas vulneráveis à inundações no município de Cachoeira do Sul/ RS.



Risco de Inundação

Castro (2000) ressalta que as Nações Unidas entendem o risco como sendo o “grau de perda previsto devido a um fenômeno natural determinado e em função tanto do perigo natural como da vulnerabilidade” (NAÇÕES UNIDAS, 1984, p. 80, apud CASTRO, 2000).

Para se estabelecer o risco de inundação no município de Cachoeira do Sul utilizou-se do cruzamento das informações de graus de perigo com as informações de graus de vulnerabilidade, determinando três graus de risco, para o perímetro urbano de Cachoeira do Sul.

A partir da integração dessas informações, foram definidos diferentes níveis de risco a inundações em termos de probabilidade de ocorrência espacial e temporal e pela probabilidade de danos na área de estudo, conforme mostra o Quadro 05:

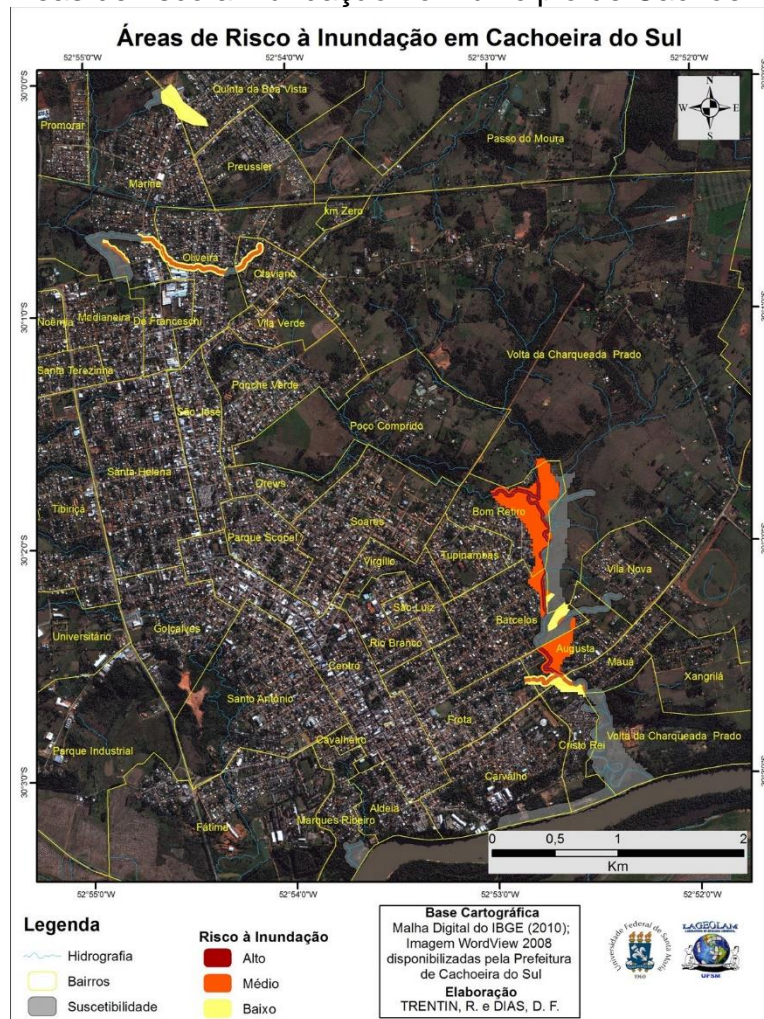
Quadro 05: Classificação das classes de risco.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas altas consequências de danos e prejuízos.
Média	Áreas urbanas com média probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas médias ou baixas consequências de danos e prejuízos.
Baixa	Áreas urbanas com baixa probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas baixas consequências de danos e prejuízos.

Fonte: Adaptado de Silveira, V. S. (2012).

No município de Cachoeira do Sul/RS, o grau de risco que mais predomina é o Risco Médio, correspondente aos bairros Mauá, Augusta, Barcelos, Bom Retiro, Otaviano, Oliveira e Marina, que abrangem uma área de 27,19 hectares. O Risco Baixo abrange uma área de 14,67 hectares do perímetro urbano do município, atingindo os bairros Cristo Rei, Mauá, Augusta, Barcelos, Otaviano, Oliveira e Marina. O Risco Alto, por sua vez, abrange uma área estipulada em 5,48 hectares, do perímetro urbano do município de Cachoeira do Sul/RS, localizada próxima aos cursos d'água, onde as habitações são precárias e a infraestrutura do lugar favorece a ocorrência dos desastres naturais. Os bairros considerados com risco alto são: Augusta, Barcelos e Bom Retiro. A Figura 06 mostra as áreas de risco do município de Cachoeira do Sul/RS.

Figura 06: Áreas de risco a inundação no município de Cachoeira do Sul/RS.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos que envolvem os levantamentos das áreas atingidas pelas inundações, bem como à avaliação dessas áreas atingidas pelas mesmas, têm como um princípio básico servirem de ferramenta-base de subsídio ao município, a fim de que os gestores e planejadores possam compreendê-las e começarem a atuar junto às áreas definidas com “áreas de risco”.

Nas áreas de risco à inundação, as ações de gestão e planejamento precisam encontrar alternativas que busquem eliminar e/ou mitigar essas perdas. Em alguns casos especiais, os reassentamentos também precisam ser avaliados. Nesses casos de planejamento de ações, é indispensável a participação da população envolvida.

Após a finalização desta etapa de zoneamento das áreas de risco, as próximas etapas no município de Cachoeira do Sul/RS, será a elaboração de um

folder que mostre todas às áreas suscetíveis a esses processos de inundação, bem como, apontaremos algumas medidas preventivas a serem tomadas para se tentar evitar ou adiar a ocorrência desses fenômenos catastróficos.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002.

BAZZAN, T. **Identificação e Mapeamento das áreas com risco de inundação do Rio dos Sinos no município de São Leopoldo/RS**. 125p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CARDONA, O. D. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. International work-conference on vulnerability in Disaster Theory and Practice**. Holanda, 2001. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf>. Acesso em: 15 set. de 2012.

CASTRO, A. L. C. **Glossário da defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasília, 1998.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Desastres**. Brasília. Ministério da Integração Nacional. 2003.

CASTRO, S. D. A. de. **Riesgos y peligros: una visión desde la geografía**. Scripta Nova, Barcelona, n. 60, mar. 2000. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso em: 28 maio de 2010.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **El Niño e La Niña**. INPE. 2013. Disponível em: < <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 18 fevereiro de 2013.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Dados Quantitativos sobre Inundações no município de Cachoeira do Sul/RS**. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. de 2012.

IPT. **Material de Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Ministério das Cidades, 2004.

JULIÃO, R. P. et al. **Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal.** 2009.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos.** Curitiba. Organic Trading, 2006. 109p.

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.

OJEDA, A. O. **Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico: Un planteamiento didactico.** Revista Lurralde Invés. Esp. 20 (1997). p. 261-283.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo.** São Paulo: Xamã, 1998. p. 271.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres Naturais por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005.** 284p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas.** Brasília: Ministério das cidades, 2005. 276p. Disponível em: <http://galileu.iph.ufrgs.br/aguasurbanas/Contents/Publicacoes/Downloads/CE_Tucci/GESTAO_INUNDACOES.pdf>. Acesso em: 27 maio 2010.

UNDRO. Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. **Bulletin d'information.** Genebra, Suíça: 1976-1980. 11 n. 1979.

VEYRET, Y. (org). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007. 320p.

ZUQUETE et al. **Considerações básicas sobre a elaboração de cartas de zoneamentos de probabilidade ou possibilidade de ocorrer eventos perigosos e de riscos associados.** Geociências, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 9-39. 1995

ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS)

Monica Marlise Wiggers; Luís Eduardo de Souza Robaina

<https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/43932>

Resumo: Os movimentos de massa são processos naturais da dinâmica superficial do planeta, no entanto podem ser acelerados ou deflagrados pela atuação antrópica. Com relação ao estado do Rio Grande do Sul, o município de Caxias do Sul destaca-se no número de registros destes processos naturais nas últimas décadas. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo principal realizar um zoneamento das áreas de risco à ocorrência de movimentos de massa na área urbana do referido município. O zoneamento teve como base a análise da suscetibilidade, do perigo e da vulnerabilidade da população. A análise conjunta destes fatores apontou as áreas de risco muito alto existentes em Caxias do Sul.

Palavras-chave: Movimentos de massa; Zoneamento de risco; Caxias do Sul.

ZONING AREAS RISK OF MASS MOVEMENTS IN URBAN AREA OF THE CITY OF CAXIAS DO SUL (RS)

Abstract: Mass movements are natural processes of the dynamic surface of the planet, although they may be accelerated or deflagrated by the anthropic action. In relation to Rio Grande do Sul state, Caxias do Sul city, specifically, has been highlighted by the number of these natural processes registrations in the last decades. Accordingly, the present study aimed to conduct a zoning of areas of risk to the occurrence of mass movements in the urban area of the municipality. The zoning was based on the analysis of the susceptibility, hazard and vulnerability of the population. In addition, the analysis of these factors together indicated areas of very high risk existent in Caxias do Sul city.

Keywords: Mass movements; Risk zoning; Caxias do Sul.

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE RIESGO DE LA OCURRENCIA DE MOVIMIENTOS DE MASA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL (RS)

Resumen: Los movimientos de masas son procesos dinámicos naturales de la superficie del planeta, pero puede ser activado o acelerado por las actividades antropogénicas. En cuanto al estado de Rio Grande do Sul, Caxias do Sul gradas en el número de registros de estos procesos naturales en las últimas décadas. En consecuencia, la presente investigación tuvo como objetivo proporcionar la zonificación de áreas de riesgo de la ocurrencia de movimientos de masa en la zona urbana del municipio. La zonificación se basó en el análisis de la susceptibilidad, amenaza y la vulnerabilidad de la población. El análisis conjunto de estos factores indicó las zonas de muy alto riesgo que existen en Caxias do Sul.

Palabras-clave: Movimientos de masas; Zonificación de riesgos; Caxias do Sul.

INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são processos naturais da dinâmica superficial do planeta, no entanto, a ocupação das áreas suscetíveis a estes processos têm provocado acidentes e desastres.

Guimarães et al. (2008) apontam que o elevado número de registros de ocorrências de movimentos de massa no país está ligado, além das próprias características físicas do território, à atuação antrópica nas áreas urbanas,

principalmente às ocupações irregulares das encostas e o consequente desmatamento e corte dos taludes, aumentando a suscetibilidade à ocorrência dos movimentos de massa.

Nas últimas décadas, observou-se o surgimento de novas áreas de risco, paralelo ao agravamento da situação nas áreas já ocupadas. Os principais fatores que contribuíram para este quadro foram: o adensamento populacional, muitas vezes em locais de grande declividade e com a utilização de técnicas construtivas inadequadas; o crescimento desordenado das cidades brasileiras; a forte exclusão socioespacial da população de baixa renda, aliada a incapacidade do Estado em suprir as necessidades de moradia através de políticas habitacionais; a falta de conhecimento técnico sobre os processos causadores de desastres; a ineficiência no planejamento urbano e a incapacidade financeira e administrativa do poder público.

Os movimentos de massa são definidos por Tominaga (2009a) como movimentos de solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. Apesar de serem processos naturais, podem ser acelerados ou deflagrados pela atuação antrópica e, quando ocorrem em áreas habitadas, dão origem às áreas de risco.

A suscetibilidade diz respeito às características físicas do ambiente. Nesse sentido, com relação aos processos de movimento de massa, Vedovello e Macedo (2007, p. 84), apontam que: “dadas as diferentes características das rochas, solos, e relevo que compõem as encostas, bem como a diversidade climática de região para região, existem terrenos mais suscetíveis (instáveis) ao desencadeamento de deslizamentos enquanto outros são menos suscetíveis (estáveis)”.

Com relação ao perigo, Castro (1998) aponta que este diz respeito a qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade, sendo que a tendência moderna é substituir o termo perigo por ameaça.

Nas análises sobre o risco, a vulnerabilidade designa condições e características sociais da população, como a fragilidade social, a densidade demográfica, a infraestrutura, o conhecimento, a percepção do risco, situação econômica, etc. (KOBAYAMA et al., 2006).

Quanto ao risco, este se refere à probabilidade de eventos perigosos causarem consequências indesejadas para uma área habitada, transformando um fenômeno natural em desastre. (OGURA e MACEDO, 2002).

Oliveira et al. (2004) trabalham com uma concepção de Risco Geomorfológico, em que os riscos são classificados a partir da integração dos processos naturais (destacando os processos geomorfológicos da dinâmica fluvial e da dinâmica das encostas) com os fatores sociais. Dessa maneira, as áreas de risco no presente trabalho são consideradas áreas de risco geomorfológico ligados à dinâmica das encostas.

Chacín (2008) aponta que:

los riesgos nacen así, de la relación estrecha entre las amenazas existentes en el territorio con las vulnerabilidades propias de la organización social y económica de la sociedad. Por ende, los desastres son la consecuencia, expresión o manifestación de estos riesgos que, al no ser adecuadamente intervenidos, impactan las poblaciones (CHACÍN, 2008, p. 193).

Nesse contexto, aplicando os conceitos de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco, apresentados, pode-se afirmar que: as áreas de risco, da presente pesquisa, são resultado da ocupação de áreas suscetíveis aos movimentos de massa, oferecendo perigo para a população devido à probabilidade de perdas socioeconômicas, as quais serão maiores ou menores de acordo com a vulnerabilidade da população atingida.

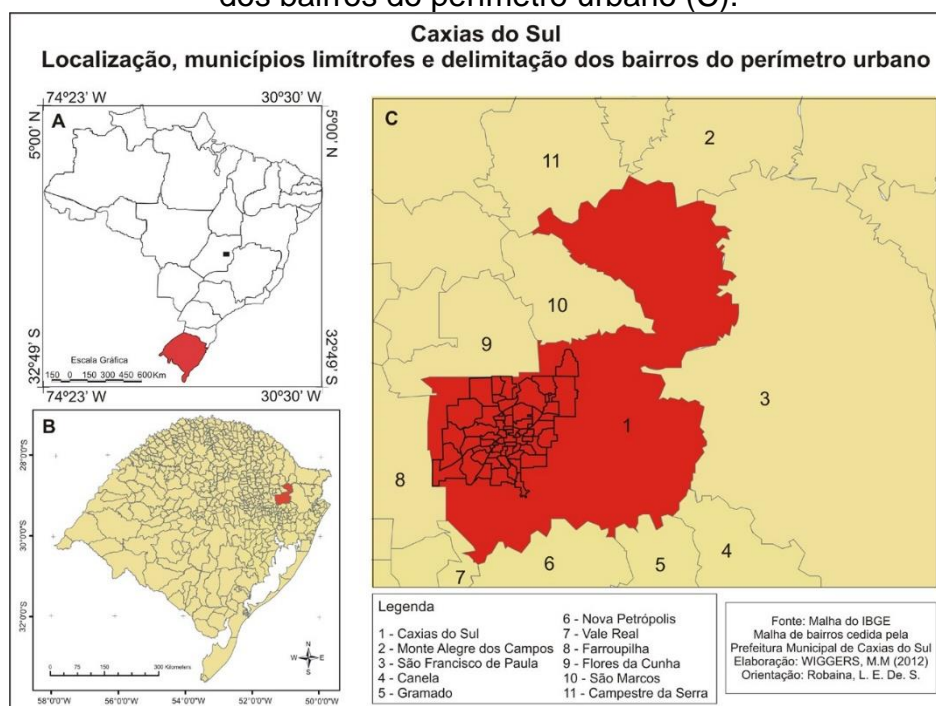
Com relação aos mapeamentos de perigo e risco é necessário fazer uma diferenciação entre eles. Segundo Tominaga (2009b), o mapa de perigo indica a probabilidade espacial e temporal de ocorrer um processo ou um fenômeno com potencial de causar danos, sendo que, os métodos para a avaliação dos perigos variam conforme o processo em análise. Os mapeamentos de risco são resultados da avaliação de risco e referem-se à estimativa da extensão dos prováveis danos decorrentes de um desastre.

No presente trabalho o zoneamento do risco utiliza a relação entre o perigo, determinado pela suscetibilidade natural do terreno, as características do uso e ocupação do solo e os registros de ocorrências (inventário de eventos) e a vulnerabilidade, caracterizada pelas habitações e a densidade ocupacional. Trata-se, portanto, de uma proposta inicial de zoneamento, a qual se configura como um importante instrumento para espacializar as situações de risco no

município e orientar sobre as áreas que necessitam de uma atuação mais efetiva do poder público.

Os acidentes/desastres por movimento de massa são frequentes no Rio Grande do Sul. O município de Caxias do Sul, localizado na região nordeste do estado (Figura 1) e contando com aproximadamente 435.564 mil habitantes (IBGE, 2010) é o segundo município que mais registrou esse tipo de evento entre os anos de 1980 a 2005 (Reckzieguel, 2007).

Figura 1- Localização do estado do Rio Grande do Sul no Brasil (A), localização de Caxias do Sul no estado (B) e identificação dos seus municípios limítrofes e dos bairros do perímetro urbano (C).



Fonte: Elaborado pela autora.

O município está inserido na Região Geomorfológica do Planalto das Araucárias, pertencente à Província Geológica do Paraná (RADAM, 1986). Esta região geomorfológica caracteriza-se por formas de relevo esculpidas em rochas vulcânicas ácidas e básicas da Formação Serra Geral (CPRM, 1998; IBGE, 1986).

Maciel Filho e Nummer (2011) apontam que no vulcanismo do tipo fissural, observado na região de Caxias do Sul, ocorrem sucessivos derrames de lava que recobrem grandes áreas, formando camadas aproximadamente horizontais. Os autores dividem estes derrames em três zonas principais, a base em que se

desenvolve um diaclasamento predominantemente horizontal; o meio do derrame, em que se observa um diaclasamento vertical ou colunar e o topo, lugar em que ocorre um diaclasamento horizontal, formando, às vezes, estruturas chamadas de lajes.

A presença de diaclasamentos horizontais e verticais geram inúmeras situações envolvendo possibilidade de deslocamento e quedas de blocos rochosos. As fraturas comumente encontradas no material rochoso também funcionam como frentes de intemperismo, propiciando a infiltração da água, a consequente alteração das rochas e contribuem para a ocorrência de movimentos de massa.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo apresentar um zoneamento das áreas de risco à ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul/RS.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos iniciaram com a realização do inventário das ocorrências de movimentos de massa em Caxias do Sul, o qual teve como base o levantamento realizado por Reckzieguel (2007) e Argenta, et. al (2009). Reckzieguel (op. cit.) fez um levantamento das ocorrências de movimentos de massa em Caxias do Sul entre os anos de 1980 a 2005, partindo de dados do Diário Oficial, de Decretos de Estado de Calamidade Pública e de Situação de Emergência, dados da Defesa Civil Estadual, além de pesquisa na imprensa, mais especificamente no jornal Zero Hora. No entanto, a autora não estabeleceu os bairros de ocorrência dos movimentos de massa registra-dos nessas fontes.

De maneira complementar, Argenta et. al. (op. cit.), consultaram um jornal local, O Pioneiro, para verificar os bairros de ocorrência dos registros levantados entre 1980 a 2005, e também atualizaram o levantamento para os anos de 2006 e 2007.

Para a atualização dos dados dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011 foi consultado o banco de dados do grupo Geodesastres Sul (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CENTRO REGIONAL SUL. GEODESASTRES SUL, 2007–2011). Desde 2007, este órgão faz a atualização das ocorrências de desastres no estado do Rio Grande do Sul, através de levantamento de dados junto a Defesa Civil e a jornais on line cadastrados no

seu banco de dados. Aponta-se que alguns registros de ocorrência obtidos junto ao Geodesastres Sul não possuíam informação sobre o bairro da mesma. Dessa maneira, foi consultado o Corpo de Bombeiros de Caxias do Sul para complementar os dados referentes aos bairros destas ocorrências (Corpo de Bombeiros de Caxias do Sul, 2012). Por fim, observa-se que além dos dados do Geodesastres Sul e do Corpo de Bombeiros Municipal, foi realizada pesquisa no site da Defesa Civil Estadual, para os anos de 2003 a 2011. (DEFESA CIVIL ESTADUAL, 2012).

As informações obtidas foram organizadas em forma de tabelas em um banco de dados, possibilitando uma consulta imediata para a análise dos dados. Os registros de movimento de massa foram separados e espacializados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), indicando o número de registros de movimento de massa ocorridos em cada bairro da área urbana do município de Caxias do Sul. A elaboração do mapa se deu no Programa ArcGIS, versão 9.3, com finalização no programa Corel Draw, versão 12. Devido ao fato do clima ser homogêneo dentro da área urbana, a vegetação estar descaracterizada pela ocupação e a exposição de áreas geologicamente mais instáveis estar intrinsecamente relacionada com as formas de ocupação das encostas, o estabelecimento da suscetibilidade teve como base o parâmetro declividade. A inclinação das vertentes em áreas ocupadas exige modificações nas vertentes com a realização de cortes e aterros para a construção das moradias e instalação de equipamentos urbanos, modificando drasticamente as condições do relevo e muitas vezes induzindo o surgimento de áreas que oferecem perigo à população.

Adotou-se como referência para a determinação das áreas suscetíveis a declividade acima de 30% e acima de 45%. O valor de 30% de declividade foi escolhido por ser definido pela lei 6.766, de 1979, como local restrito para o parcelamento do solo, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, pois locais, com esta declividade, já necessitam da realização de cortes/aterros para construção. Já o valor de 45% foi uma adaptação do Antigo Código Florestal de 1965, Lei 4.771, visto que a partir deste valor o relevo estabelece severas restrições para a ocupação, principalmente com moradias.

Os mapas de declividade foram elaborados no programa Arcgis, versão 9.3, com base nas informações obtidas através da digitalização da carta topográfica de Caxias do Sul, folha SH 22-V-D-III-2, MI 2953/2, na escala de 1: 50.000, além de dados topográficos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, levando em consideração também a drenagem e os pontos cotados. A utilização da rede de drenagem, como linhas de quebras, possibilitou maior exatidão na obtenção da declividade do local em análise.

O mapa de declividade foi sobreposto à imagem de satélite disponibilizada no WebSIG Google Earth com o objetivo de identificar as áreas suscetíveis que se encontravam ocupadas. Foram desconsideradas as áreas ocupadas predominantemente por empresas e indústrias, nas demais foram estabelecidos posteriormente seus graus de perigo (Quadro 1), vulnerabilidade (Quadro 2) e finalmente de risco (Quadro 3).

O mapa de perigo representa as áreas com suscetibilidade e ocupadas, tendo seu grau de perigo estabelecido a partir do número de registros de movimentos de massa no bairro em que se encontram. Para o mesmo número de registros, mas em situações diferentes de declividade, foram estabelecidos diferentes graus de perigo. Os valores considerados são apresentados no quadro 1:

Quadro 1 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de perigo

Registros	Perigo para declividade acima de 30%	Perigo para declividade acima de 45%
0-1	Baixo	Médio
2-3	Médio	Alto
4	Alto	Muito Alto
>5	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade foram analisados o adensamento e o padrão construtivo das moradias. A determinação das áreas de adensamento muito alto, alto, médio e baixo se deu através da análise comparativa. Para a análise do padrão construtivo foram considerados o tamanho e tipologia das moradias e infraestrutura do local, através dos seguintes fatores: existência de calçamento, existência de rede de esgoto, ordenamento

das quadras e a infraestrutura das moradias. Estes fatores foram escolhidos uma vez que são os elementos urbanos que mais apresentam diferenciação entre as áreas de risco encontradas em Caxias do Sul, constituindo-se em fatores de fácil visualização e identificação nas pesquisas de campo.

A análise da vulnerabilidade foi realizada com base na análise de imagem de satélite disponibilizada no WebSIG Google Earth e com base em trabalhos de campo. A matriz de cruzamento das duas informações, adensamento e padrão construtivo, é apresentada no quadro 2:

Quadro 2 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de vulnerabilidade

Adensamento/ Padrão	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
Alto	Baixa	Baixa	Baixa	Média
Médio	Baixa	Baixa	Média	Média
Baixo	Média	Alta	Alta	Muito Alta
Muito Baixo	Média	Alta	Muito Alta	Muito Alta

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir do cruzamento das informações, foram identificados os graus de vulnerabilidade das áreas de perigo. Para definição dos graus de risco à ocorrência de movimentos de massa foram analisados os dados do perigo (declividade, ocupação e registros/inventários) e da vulnerabilidade (padrão construtivo e adensamento das moradias), através da seguinte matriz de cruzamento (Quadro 3):

Quadro 3 - Matriz de cruzamento para obtenção dos graus de risco

Vulnerabilidade Perigo	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto
Médio	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Alto	Médio	Alto	Alto	Muito Alto
Muito Alto	Alto	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram atribuídas as cores vermelha, laranja, amarela e verde para a definição dos graus muito alto, alto, médio e baixo, respectivamente, para cada parâmetro estudado. Os mapas foram elaborados no programa ArcGIS, versão 9.3, com finalização do Corel Draw, versão 12.

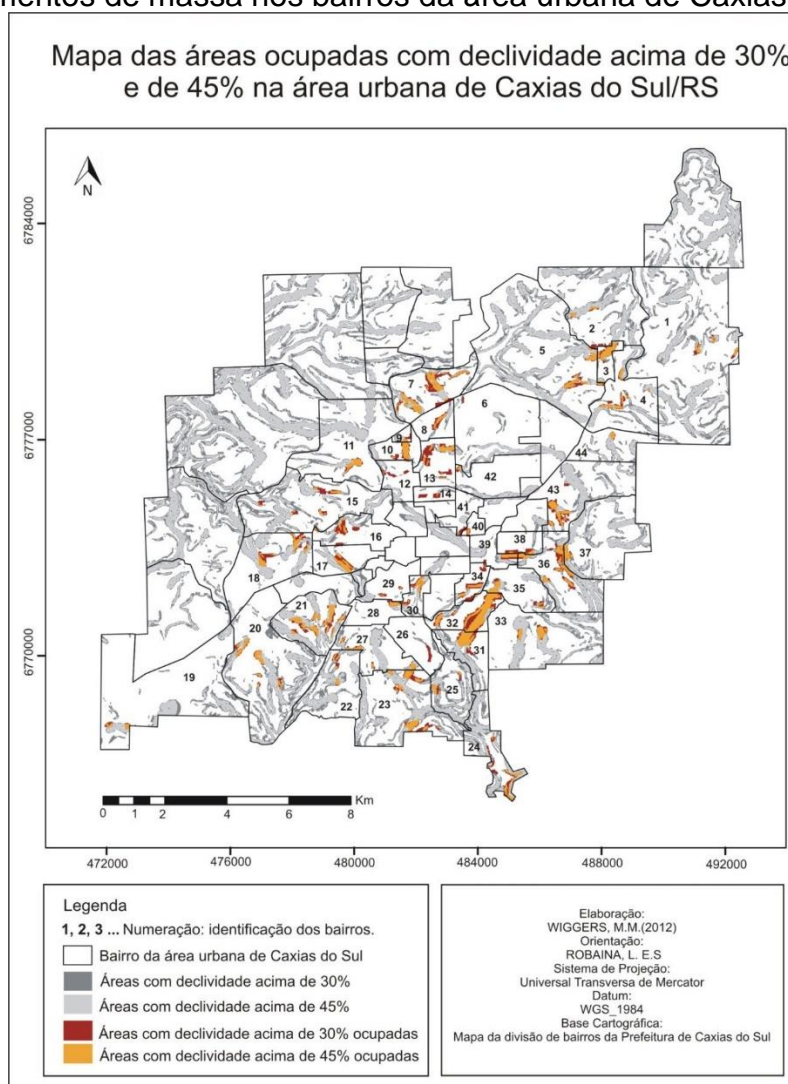
Ressalta-se ainda que, em alguns dos mapas apresentados, os bairros foram numerados para a sua melhor identificação. Esta numeração é utilizada também ao longo do trabalho nas análises e resultados da pesquisa e não está relacionada a nenhuma ordem ou hierarquia.

ANÁLISES E RESULTADOS

Suscetibilidade

A suscetibilidade diz respeito às características físicas que contribuem para a deflagração dos movimentos de massa. O mapeamento da figura 2 apresenta as áreas suscetíveis ocupadas pela população, as quais foram constituídas em áreas de perigo.

Figura 2 - Mapa da ocupação em áreas suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa nos bairros da área urbana de Caxias do Sul



Fonte: Elaborado pela autora.

O mapa mostra os 44 bairros, dentre os 65 que compõem a área urbana de Caxias do Sul, que apresentam áreas suscetíveis ocupadas pela população que são: Ana Rech (1), Santo Antônio (2), Jardim Eldorado (3), São Cristóvão (4), Serrano (5), Nossa Senhora do Rosário (6), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), Nossa Senhora da Saúde (11), São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cinquentenário (17), Cidade Nova (18), Forqueta (19), Desvio Rizzo (20), Charqueadas (21), São Caetano (22), Nossa Senhora das Graças (23), Galópolis (24), Santa Corona (25), Salgado Filho (26), Esplanada (27), Kayser (28), Rio Branco (29), São Leopoldo (30), São Victor Cohab (31), Planalto (32), São Virgílio (33), Cristo Redentor (34), Bela Vista (35), Cruzeiro (36), São Luiz (37), Petrópolis (38), Nossa Senhora de Lourdes (39), Jardelino Ramos (40), Jardim América (41), Interlagos (42), Diamantino (43) e Jardim das Hortências (44).

Inventário de Ocorrências

O inventário de ocorrências abrangeu os anos de 1980 a 2011. Período no qual foram registradas 49 ocorrências em 26 dos 65 bairros da área urbana do município de Caxias do Sul (Figura 3).

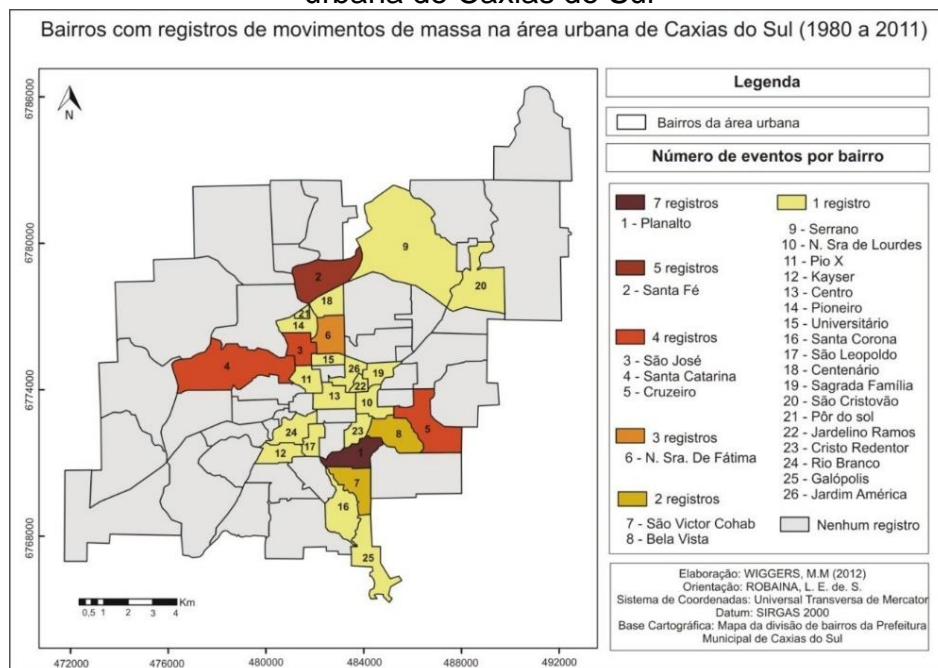
Destaca-se que 40% do total de bairros do perímetro urbano apresentou algum registro, sendo que 12% dos bairros apresentaram mais de 1 registro e 28% apresentaram somente 1 registro. O bairro que mais registrou ocorrências foi o bairro Planalto, com sete registros, perfazendo ao redor de 20% dos mesmos. Seguido do bairro Santa Fé, com cinco registros, correspondendo a cerca de 10% do total de eventos registrados na área de estudo. Com relação aos bairros que apresentam quatro registros de movimentos de massa estão são: o São José, o Santa Catarina e o Cruzeiro. O bairro Nossa Senhora de Fátima apresentou três registros. São Victor Cohab e Bela Vista, limítrofes ao bairro Planalto, apresentam dois registros cada.

Determinação dos Graus de Perigo

Os graus de perigo foram definidos através da análise da suscetibilidade e do histórico de ocorrência de registros, ambos apresentados anteriormente,

originando o mapa com os graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul, conforme a ilustração 4.

Figura 3 - Mapa dos registros de ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul



Fonte: Elaborado pela autora.

Os bairros que apresentam áreas com perigo muito alto são: Santa Fé (7), São José (12), Santa Catarina (15), Planalto (32) e Cruzeiro (36). Já os bairros que apresentam áreas de perigo alto são: São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Santa Catarina (15), São Victor Cohab (31), Bela Vista (35) e Cruzeiro (36).

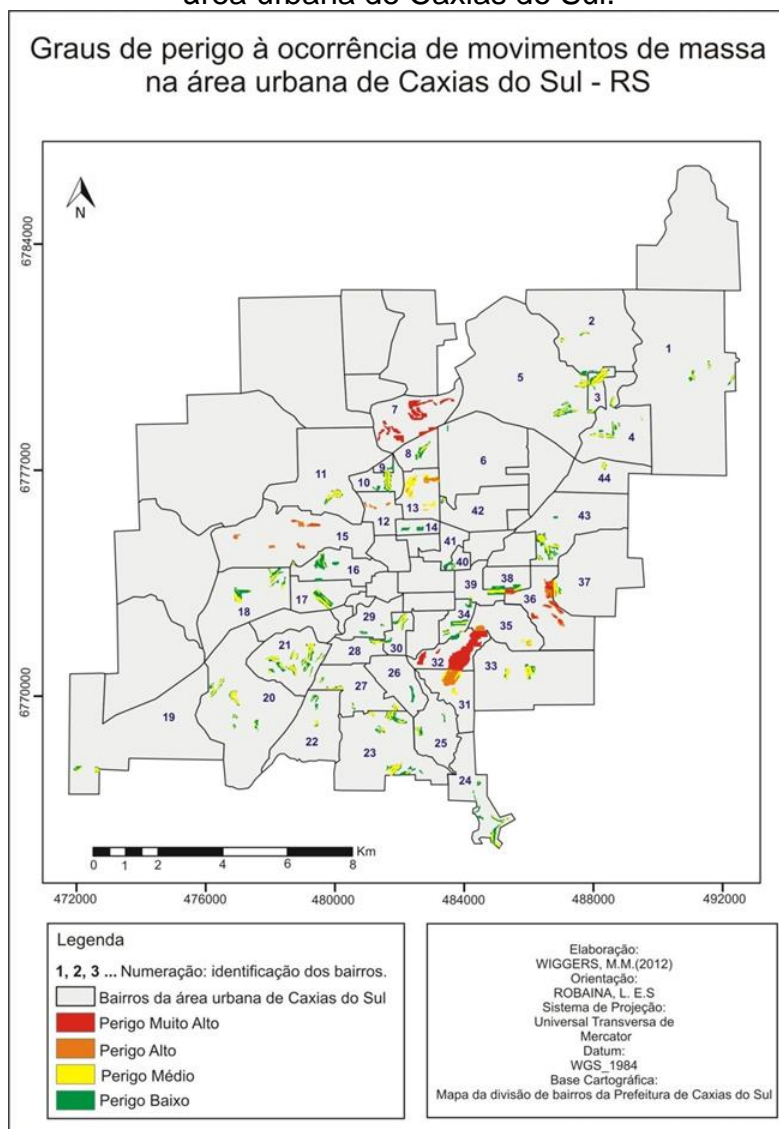
As situações de perigo em Caxias do Sul encontram-se predominantemente em encostas de declividade média a acentuada, ocupadas de forma inadequada, através de cortes localizados nos fundos e laterais das moradias.

Observa-se também nesta situação a formação de patamares e exposição de blocos rochosos e, em alguns casos, a presença de vegetação de médio a grande porte entre as moradias.

O perigo também é agravado quando as ocupações se dão sobre material coluvionar, composto por fragmentos de solo e rocha bastante heterogêneos e de fácil desestabilização ou quando ocorrem em locais com presença de

diaclasamentos horizontais e verticais. Por fim, em algumas situações a vegetação de grande porte, isolada entre as moradias, causa peso sobre os taludes já instáveis, contribuindo para o agravamento do perigo.

Figura 4 - Mapa dos graus de perigo à ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

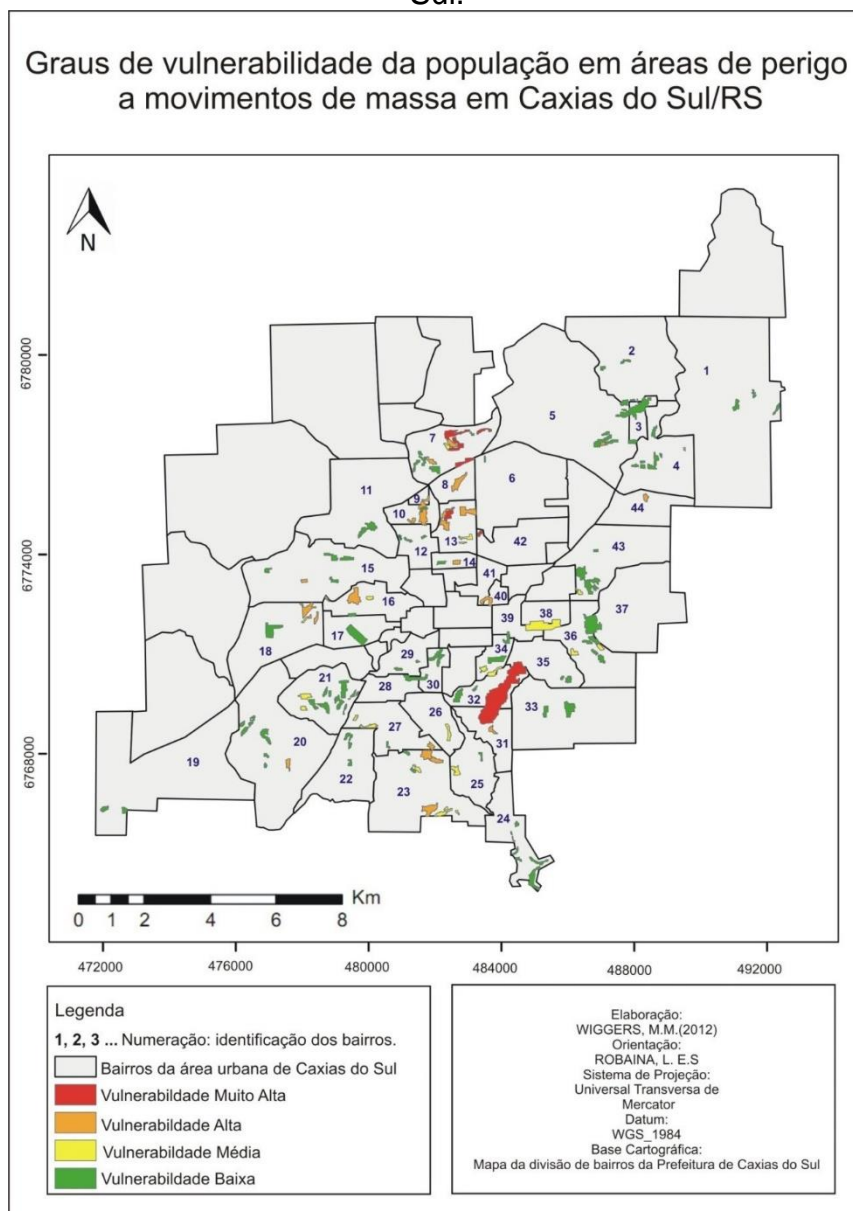
Definição dos Graus de Vulnerabilidade

A vulnerabilidade, apresentada no mapa da figura 5, levou em consideração o padrão construtivo das moradias e o seu adensamento.

Os bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade muito alta são: Santa Fé (7), Nossa Senhora de Fátima (13), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Bela Vista (35) e Interlagos (42), caracterizando-se por moradias que

apresentam adensamento alto a muito alto e padrão construtivo baixo a muito baixo. Já os bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade alta são: Serrano (5), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cidade Nova (18), Desvio Rizzo (20), Nossa Senhora das Graças (23), Esplanada (27), São Victor Cohab (31), Jardelino Ramos (40), Jardim América (41) e Jardim das Hortências (44). Nestas áreas as moradias apresentam adensamento médio a alto e padrão construtivo baixo a muito baixo.

Figura 5 - Mapa dos graus de vulnerabilidade da população residente em áreas de perigo à ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

A vulnerabilidade é importante no aumento dos riscos de ocorrências de movimentos de massa, visto que a alta densidade, os baixos padrões construtivos e a baixa capacidade de intervenção da população nas suas próprias condições de vida, fazem com que a probabilidade de ocorrências de eventos seja maior. No entanto, mesmo em áreas que apresentam situações de vulnerabilidade média a baixa, formas de ocupação inadequadas, com geração de corte muito próximos a moradias, construção sobre ou abaixo de depósitos coluvionares, a exposição de blocos rochosos e a existência de vegetação de grande porte isolada entre as residências gera situações perigosas que contribuem com a deflagração dos movimentos.

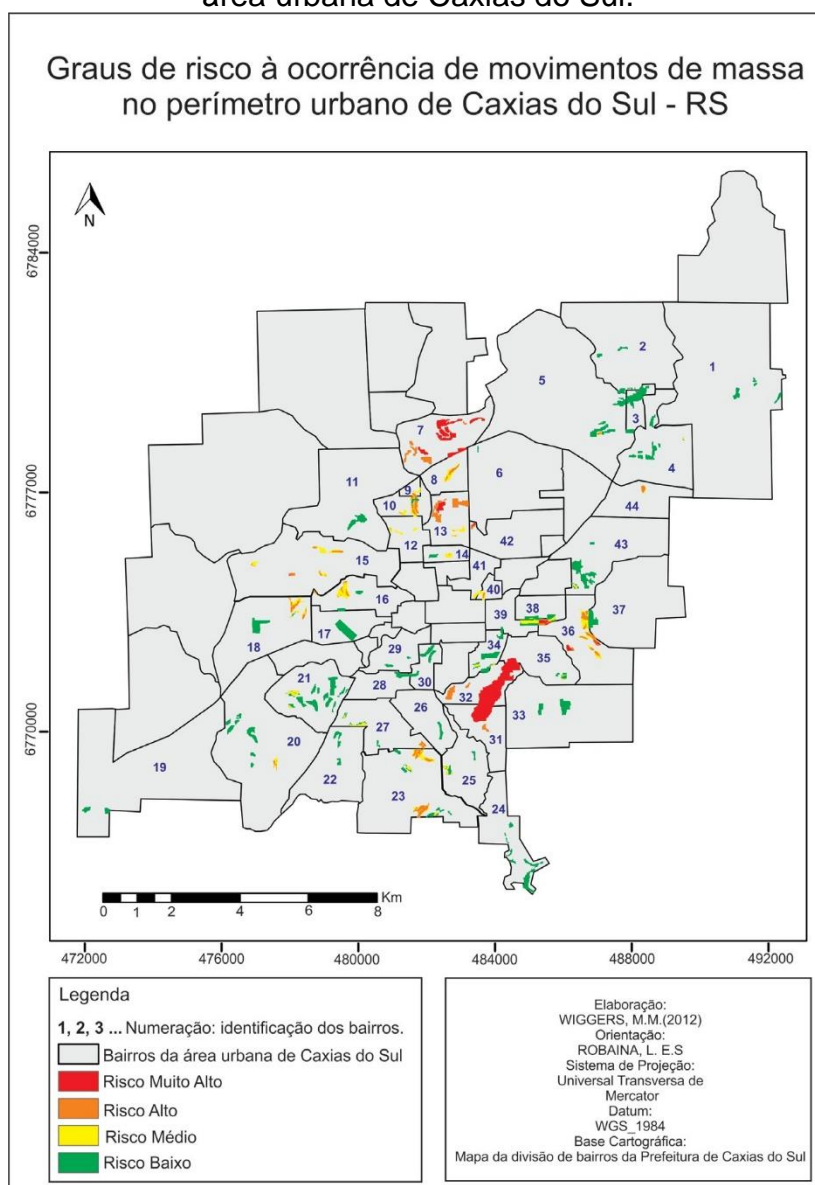
Determinação dos Graus de Risco

De acordo com os resultados obtidos, foram identificadas 17 áreas de risco muito alto, distribuídas em 8 bairros, conforme mapa da figura 6.

Os bairros que possuem áreas de risco muito alto são: Santa Fé (7), Nossa Senhora de Fátima (13), Santa Catarina (15), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Bela Vista (35), Cruzeiro (36) e Interlagos (42). Já os bairros que apresentam áreas de risco alto são: Serrano (5), Santa Fé (7), Centenário (8), Pôr-do-sol (9), Pioneiro (10), São José (12), Nossa Senhora de Fátima (13), Universitário (14), Santa Catarina (15), Marechal Floriano (16), Cidade Nova (18), Desvio Rizzo (20), Nossa Senhora das Graças (23), Esplanada (27), São Victor Cohab (31), Planalto (32), Cruzeiro (36), Jardim Ramos (40) e Jardim das Hortências (44).

O risco é resultado não só da análise conjunta da ocupação em áreas de declividade acima dos valores estabelecidos para uma ocupação segura, como também dos registros de ocorrências de movimentos de massa nos bairros onde estas áreas foram identificadas e da vulnerabilidade da população ocupante. Dessa forma, o mapa de risco expressa a relação entre um sistema físico, com características suscetíveis à ocorrência de eventos, e a forma de ocupação do espaço pela sociedade através de transformações, modificando as condições naturais e agravando, muitas vezes, situações de perigo já existentes.

Figura 6 - Mapa dos graus de risco à ocorrência de movimentos de massa na área urbana de Caxias do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora.

Essa proposta do cruzamento dos dados das condições naturais suscetíveis, inventário de ocorrência de eventos e a vulnerabilidade da população afetada, segue metodologia que vem sendo empregada por outros trabalhos, com bons resultados, como TRENTIN et al. 2013; FERREIRA & ROBAINA, 2012; RIGHI & ROBAINA, 2010 e BOMBASSARO & ROBAINA, 2010.

Aponta-se que as áreas identificadas como de risco muito alto são, em sua maioria, aquelas áreas declivosas ocupadas pela população mais vulnerável, que não possui condições financeiras de residir em áreas mais seguras ou de garantir melhor infraestrutura para suas residências.

Um exemplo de área atingida por movimento de massa no município é demonstrado na figura 7. A figura 7B objetiva ilustrar em forma de croqui a topografia e a forma de ocupação da encosta entre os pontos 1 e 2 da figura 7A. Observa-se uma cicatriz de escorregamento em área de aterro realizado com resíduos sólidos. Além da suscetibilidade aos movimentos de massa gerada pela própria inclinação do talude e pela presença de alguns blocos instáveis, a ação humana refletida no despejo de lixo, que se caracteriza por ser um material heterogêneo e de comportamento geotécnico bastante instável, atuou no aumento do peso sobre a encosta, ajudando a deflagrar a ocorrência de um escorregamento.

Outra situação de ocorrência de movimento de massa pode ser observada na figura 8, a qual ilustra a ocorrência de um escorregamento de solo superficial pela ação de fluxo de água concentrado entre o contato do solo e rocha.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

Figura 8:- Ilustração de uma situação de contato solo – rocha (A) e um escorregamento em talude com esta condição (B)



Fonte da fotografia: PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço urbano é extremamente dinâmico. As condições das encostas, sua declividade, a situação da vegetação, os cortes, aterros e a densidade

ocupacional, são modificados rapidamente. Nesse sentido, torna-se de extrema necessidade que as cidades, possuidoras de características físicas capaz de torná-las mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa se dediquem de forma contínua à prevenção da ocupação destas áreas e/ou a análise das situações de risco existentes em seu território.

Com relação ao município de Caxias do Sul, a presente pesquisa identificou as áreas urbanas que apresentam combinação de elevadas declividades, ocupação residencial e registros de ocorrências e definiu os graus de perigo e de vulnerabilidade da população residente nestas áreas. A partir da análise conjunta desses fatores, foi proposto um zoneamento de risco para o perímetro urbano de Caxias do Sul. De acordo com os resultados obtidos, os bairros que apresentam situações de ocupação que oferecem maior risco para a população são os bairros Santa Fé, Cruzeiro, Nossa Senhora de Fátima, Interlagos, Santa Catarina, São Victor Cohab, Planalto e Bela Vista.

Espera-se que o trabalho reforce a importância do poder público municipal constituir um grupo destinado especificamente à realização de levantamentos, inventários, cadastros, análises e ações voltadas às áreas de risco existentes no município. A necessidade deste grupo ocorre devido à existência de inúmeras áreas de risco e em decorrência das inúmeras áreas suscetíveis a movimentos de massa que caso não tenham sua ocupação controlada se transformarão em mais áreas de risco à população caxiense.

Aponta-se, por fim, a possibilidade de trabalhos de mapeamento em escala cadastral das áreas identificadas como de risco muito alto, visando o aprofundamento das análises e possibilitando o estudo de ações estruturais e não estruturais de erradicação ou mitigação dos riscos.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G; KORMANN, T.C; ROBAINA, L. E. de S. Levantamento da Ocorrência de Desastres Naturais no Município de Caxias do Sul – RS. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...** Viçosa, 2009.

BOMBASSARO, M. G., ROBAINA, L. E. S. Contribuição geográfica para o estudo das Inundações na bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Geografias (UFMG)**, v.60, p.69 - 86, 2010.

BRASIL. **Lei 6.766, de 19 de novembro de 1979**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: ago. 2012.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm> Acesso em: 20 nov. 2012.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário da Defesa Civil: estudos de risco e medicina de desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil, 1998. 173 p. Disponível em: http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/glossario_de_defesa_civil.pdf. Acesso em: 15 jun. 2012.

CHACÍN, B. O. La gestión ambiental en áreas de alto riesgo. Caso estado Vargas, Venezuela. In: LEMOS, A. I. G. de; ROSS, J. L. S; LUCHIARI, A. (Orgs.) **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 187 – 206.

CORPO DE BOMBEIROS DE CAXIAS DO SUL. 2012. **Planilha em Excel contendo registros de movimentos de Massa em Caxias do Sul** [Mensagem Pessoal]. Mensagem recebida por <moni_lise@yahoo.com.br> em 9 ago. 2012.

CPRM. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: Folha SH.22-V-D – Caxias do Sul**. Porto Alegre: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. 1998. 1 mapa color. Escala 1:250.000. Material cartográfico.

DEFESA CIVIL ESTADUAL (Rio Grande do Sul). **Área dos Municípios. Municípios Atingidos (Eventos de 2003-2010)**. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 mai. 2012.

FERREIRA, J. F., ROBAINA, L. E. S. Expansão urbana e o perigo de desastres por inundação em Rio Grande - RS. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**. v.37, p.445 - 462, 2012.

GUIMARÃES, R. F; CARVALHO JÚNIOR, O. A; GOMES, R. A. T; FERNANDES, N. F. Movimentos de Massa. In: FLORENZANOP, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159 – 184.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Levantamento dos recursos naturais. Folha SH22 Porto Alegre e parte das Folhas SH21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 33 v. Escala 1: 1.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico. 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=43&dados=1>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CENTRO REGIONAL SUL. **GEODESASTRES SUL, Banco de dados 2007-2011**. Santa Maria, RS.

KOBIYAMA, M. et al.. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

MACIEL FILHO, C. L. M; NUMMER, A. V. **Introdução à geologia de engenharia**. 4. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011. p. 392.

OGURA, A.; MACEDO, E. S. Procesos y riesgos geológicos. In: II **Curso internacional de aspectos geológicos de protección ambiental**. 2002. Disponível em: <<http://www.unesco.org.uy/geo/campinaspdf/9procesos.pdf>> Acesso em: 9 jun. 2010.

OLIVEIRA, E. L. de. A; ROBAINA, L. e. de. S; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria – RS. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. CD ROOM.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. **Situações de Emergência – Foto documentação Caxias do Sul**. Caxias do Sul, RS, 2000.

RADAM/BRASIL. (1986). **Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.33).

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. 2007. 161f, vol. 1 Dissertação de Mestrado em Geografia – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RIGHI, E., ROBAINA, L. E. S. Enchentes do Rio Uruguai no Rio Grande do Sul entre 1980 e 2005: uma análise geográfica. **Sociedade & Natureza (UFU. Impresso)**, v.22, p.35 - 54, 2010.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009a. cap. 1, p. 25 – 38.

TOMINAGA, L. K. Análise e Mapeamento de Risco. In: TOMINAGA, L.K., SANTORO, J., AMARAL R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b. cap. 1, p. 147 – 160.

TRENTIN, R, ROBAINA, L. E. S., SILVEIRA, Vanessa Salvadé. Zoneamento de risco de inundação do Rio Vacacaí no município de São Gabriel, RS. **Geo UERJ (2007)**, v.1, p.161 - 180, 2013.

VEDOVELLO. R; MACEDO, E. S de. Deslizamentos de Encostas. In: SANTOS, R. F dos. (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 75 – 94.

ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS AOS PROCESSOS DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE QUARAÍ – RS

Rafael Bilhan Freitas; Luís Eduardo de Souza Robaina; Anderson Scconti; Romario Trentin

DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X12993>

Resumo: Os desastres naturais ocorrem em diversas cidades do mundo e mostram uma relação conflituosa entre o homem e a natureza. Neste sentido, ocorrem na área urbana do município de Quaraí, Estado do Rio Grande do Sul, inundações que acabam afetando parte de sua população. Dessa forma o trabalho busca fazer uma análise espacial e temporal dos processos de inundação que ocorrem na área urbana do município. Foi realizado um mapeamento das áreas suscetíveis às inundações realizados a partir de levantamentos em dois aparelhos GPS. Com o levantamento das áreas atingidas foi realizada uma análise destas áreas, buscando relacionar aos dados do CENSO de 2010 para caracterizar a população que é atingida e também identificar as áreas onde a população é mais vulnerável às inundações. Após as análises realizadas ao longo do trabalho foi possível compreender melhor os processos de inundação que atingem o município, as discussões feitas ao longo do trabalho são de grande importância, representando uma etapa inicial para a definição e zoneamento de áreas de risco. Além disso, este trabalho busca auxiliar em iniciativas de gerenciamento com a finalidade de diminuir os efeitos adversos provocados pelas enchentes e inundações.

Palavras-chave: inundações; análise; áreas suscetíveis.

ANALYSIS OF THE SUSCEPTIBLE AREAS TO FLOODING PROCESSES IN THE CITY OF QUARAÍ - RS

Abstract: Natural disasters occur in different cities of the world and show us an adversarial relationship between man and nature. In this sense, occurs in urban area of Quaraí, Rio Grande do Sul a State in southern Brazil, floods that end up affecting part of the population. Thus the work seeks to make a spatial and temporal analysis the processes of floods that occur in urban area of Quaraí. A mapping of susceptible areas to flooding from surveys conducted in two GPS devices. With the lifting of the affected areas an analysis of the areas that we seek to relate with data from Census 2010 (IBGE) to characterize the population that is affected and also identify areas where the population is more vulnerable to flooding. After the analysis performed throughout the work we could better understand the processes of flood that hit the city, the discussions made throughout the work are of great importance, representing an initial step towards the definition and zoning of hazardous areas. Further, this work seeks to assist in management initiatives in order to reduce the adverse effects caused by the floods.

Keywords: floods; analysis; susceptible areas

INTRODUÇÃO

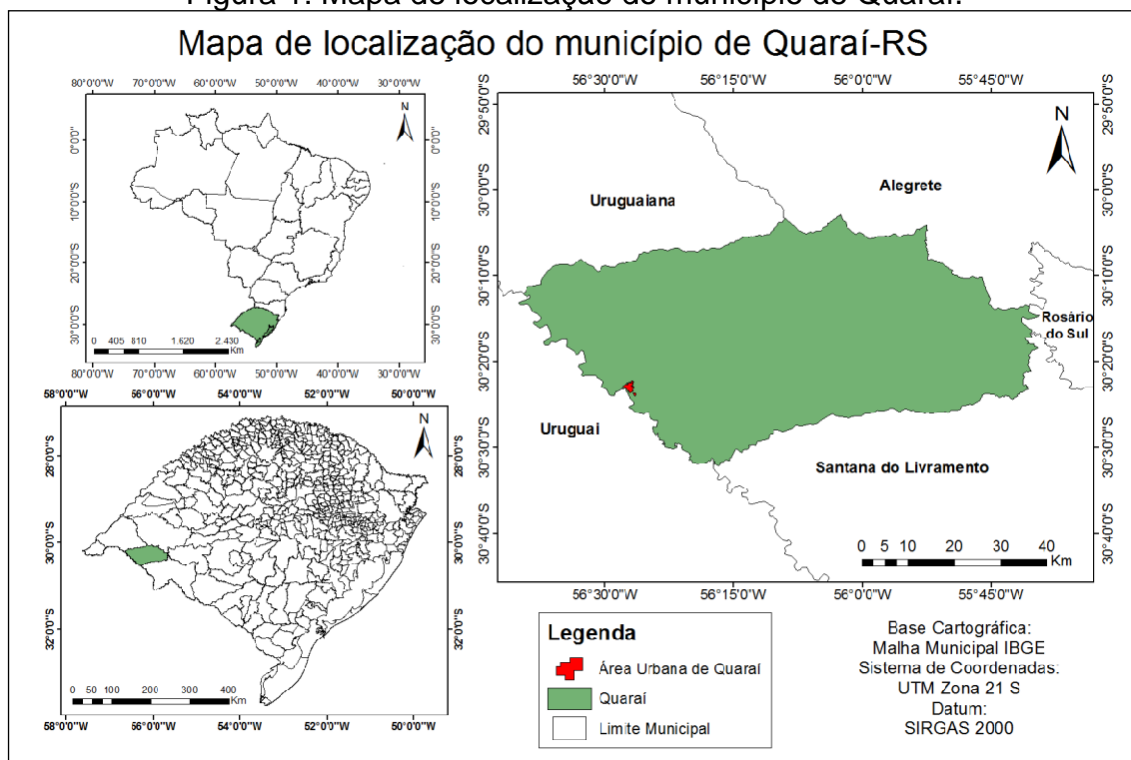
Os desastres e acidentes provocados por processos naturais, como deslizamentos e inundações, que ocorrem em várias cidades do mundo, revelam a relação conflituosa que o homem desenvolve com a natureza. Este meio ambiente construído, segundo Santos (1994), tende a substituir a natureza, negligenciar o meio físico–natural e artificializando o espaço: as grandes obras substituem as áreas verdes, as vias de trânsito redefinem o curso dos rios.

De acordo com a conceituação do UM-ISDR (2009), considera-se desastre como uma grave perturbação no funcionamento de uma comunidade envolvendo perdas humanas, econômicas, materiais ou ambientais de grande

extensão, cujos impactos excedem a capacidade dessa comunidade afetada em arcar com seus próprios recursos. A Defesa Civil define inundação como o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.

O presente trabalho busca analisar os processos de inundação que ocorrem na área urbana do município de Quaraí - RS (figura 1), localizado na região sudoeste do Rio Grande do Sul, se desenvolveu próximo à margem do Rio Quaraí, na fronteira do Brasil com o Uruguai e que tem sido, seguidamente, afetada por inundações.

Figura 1: Mapa de localização do município de Quaraí.



Organização: Freitas (2013)

Segundo CENSO de 2010 a população do município é de 23.021 habitantes, sendo 21.310 habitantes na área urbana (IBGE 2010). Conforme classificação do IBGE (1990) a área integra parte da mesorregião conhecida como Campanha Gaúcha, pertencente à microrregião da Campanha Ocidental, constituindo uma paisagem natural predominantemente de colinas levemente onduladas e cobertas por vegetação campestre.

O Rio Quaraí divide os municípios Artigas, no Uruguai, e Quaraí, no Brasil, segundo a FEPAM, sua bacia hidrográfica abrange 4 municípios (Barra do Quaraí, Quaraí, Santana do Livramento e Uruguaiana), drenando uma área de 6.557,08 km². É uma bacia transfronteiriça, de águas compartilhadas entre a República Federativa do Brasil e a República Oriental do Uruguai, através do próprio Rio Quaraí, do qual o eixo estabelece a fronteira entre os dois países. No aspecto socioeconômico, os municípios da bacia hidrográfica têm suas atividades produtivas fortemente relacionadas à pecuária extensiva, no cultivo do arroz irrigado e no pequeno comércio de fronteira, o que determina uma estagnação econômica na região. No que se refere aos aspectos ambientais, a bacia apresenta um baixo índice de degradação, isso se deve, provavelmente à essa estagnação econômica da região, mas apresenta, no entanto, riscos de arenização e de erosão caso o solo não seja adequadamente manejado. Por outro lado, a região tem sofrido, com uma frequência elevada de inundações, principalmente, na área urbana de Quaraí.

A área urbana do município de Quaraí está localizada na margem direita do rio e ocorrem dois tributários que cruzam a cidade um pequeno arroio a oeste da área urbana e a Sanga da Divisa, localizada à leste da área urbana do município (figura 2).

Quanto as características climáticas, as chuvas na região são regulares, no entanto ocorrem períodos de cheias e estiagens, que estão associados a fenômenos atmosféricos globais: o El Niño e La Niña, podendo assim ocorrer períodos com grande precipitação ao longo do ano (Wollmann, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se desenvolveu a partir do inventário de desastres associados à inundação de 1980 a 2005 para o Estado do Rio Grande do Sul realizado por Reckziegel (2007), o inventário de desastres associados à inundação no município de Quaraí, foi realizado entre os anos de 1980 a 2013 utilizando como fonte a defesa civil municipal e estadual. Estas informações serviram de base para identificar o comportamento temporal e espacial das inundações que afetaram a área urbana de Quaraí no período considerado.

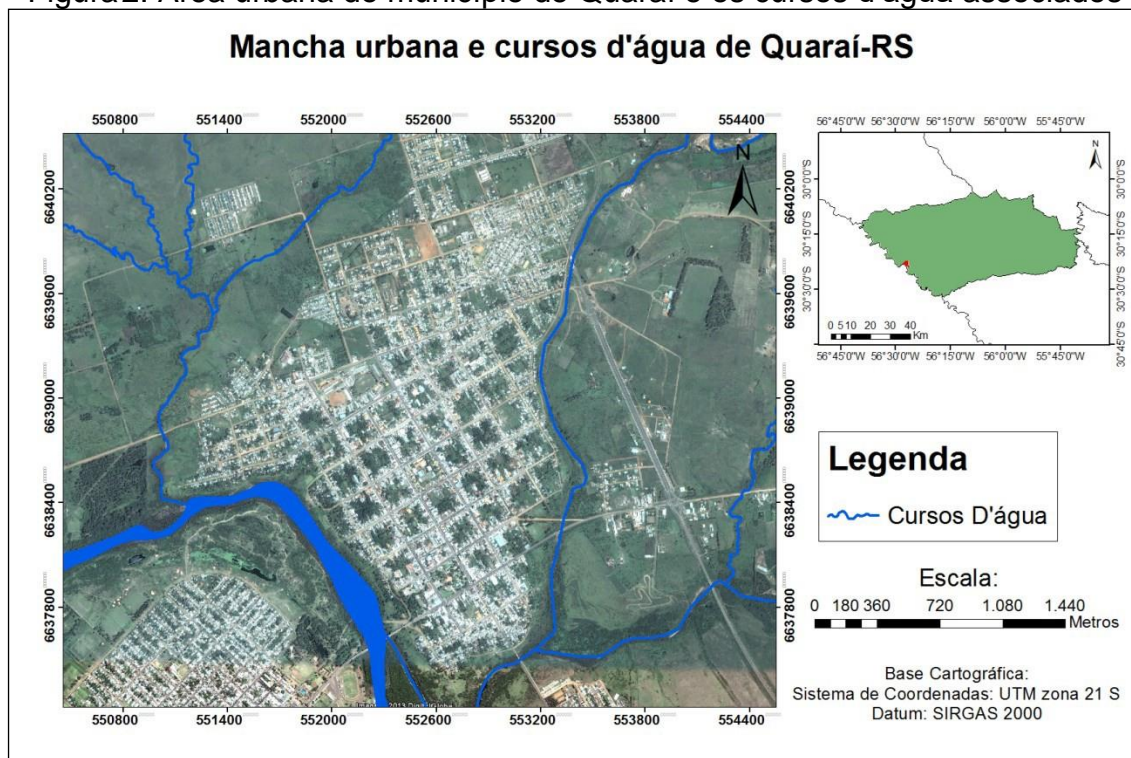
A elaboração dos mapas localizando as áreas de estudo contou com a utilização do aplicativo ArcGIS 10, como material empregado para delimitação

da área urbana município (figura 2) tem-se a imagem de satélite disponível no software Google Earth. Em trabalho de campo foi utilizado como ferramenta para a localização dos limites de inundação um receptor GPS 60CSx e um receptor GPS topográfico ProMark 3.

Para a caracterização das áreas afetadas pelas inundações foi adotada a divisão de setores censitários proposta pelo IBGE, buscando fazer uma relação dos dados do Censo 2010, com o propósito de traçar um perfil socioeconômico da população afetada pelas inundações por setor censitário. Foram definidos os seguintes temas para análise: dados referentes ao total de domicílios e população por setor e dados referentes a escolaridade (porcentagem da população alfabetizada), faixa etária (porcentagem de menores de 15 anos e maiores de 60 anos), e renda (inferior a 3 salários-mínimos).

Os dados do Índice de Oscilação Sul, usados para buscar relação entre os eventos de inundação no município com o fenômeno atmosférico global El Niño foram obtidos no site do órgão do governo dos EUA National Oceanic and Atmospheric Administration/National Weather Service.

Figura2: Área urbana do município de Quaraí e os cursos d'água associados



Organização: Freitas (2013)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Temporal

A área urbana do município de Quaraí foi afetada por 26 registros de acidentes/desastres referentes a inundações (tabela 1), na escala temporal analisada (33 anos), dos 26 eventos podemos destacar que em 9 eventos foram decretados Situação de Emergência, e em outros 2 eventos foi decretado Estado de Calamidade Pública. Segundo conceituação da Defesa Civil (2012) Situação de Emergência é uma “situação anormal, decretada em razão de desastre, que embora não excedendo a capacidade inicial de resposta do município ou do estado atingido, requer auxílio complementar do estado ou da União para as ações de socorro e de recuperação” e Estado de calamidade pública é uma “situação anormal, decretada em razão de desastre, que em razão da magnitude dos danos, requer auxílio direto e imediato do estado ou da União para as ações de socorro e de recuperação”. Isso caracteriza a vulnerabilidade da cidade de Quaraí frente a eventos de inundação, pois comumente, o município precisa de apoio externo para enfrentar os danos.

Na análise mensal destacam-se os meses de Abril e Maio, que juntos registram 13 eventos. Observando a figura 3, fica evidente que os períodos de maior suscetibilidade são as estações do ano que representam condições de transição dos tipos de tempo, com picos no início do outono.

Influência do fenômeno atmosférico El Niño nos eventos de Inundação

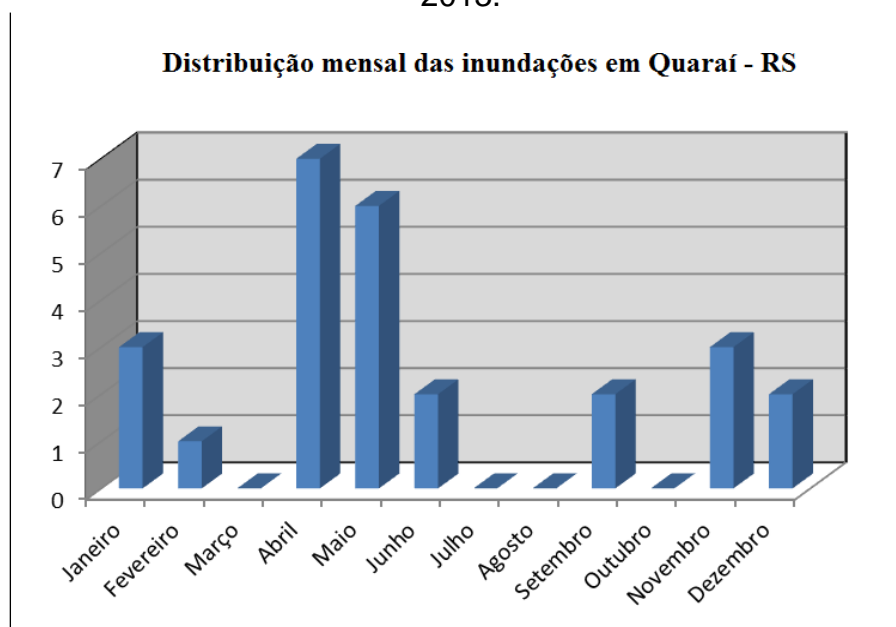
O fenômeno El Niño provoca grande influência no clima do Rio Grande do Sul em seus anos de ocorrência, isso resulta em alteração nos volumes totais pluviométricos registrados no Estado. Segundo Wollmann (2008) a influência dos eventos de “El Niño” sobre o Rio Grande do Sul em determinados anos, sabe-se que a influência deste fenômeno, cuja origem está ligada ao aquecimento superficial das águas do Oceano Pacífico Central, dá-se sobre os totais pluviométricos do Estado, intensificando-os em função do fortalecimento do Anticiclone do Atlântico, que barra o deslocamento de frentes polares, permanecendo estes sistemas atmosféricos estacionados sobre o Rio Grande do Sul por alguns dias, favorecendo a formação de inundações.

Tabela 1: Registros de inundações em Quaraí de 1980 a 2013

Ano	Mês	Observação
1983	Fevereiro	
1983	Maio	
1987	Abril	Situação de emergência
1987	Maio	
1990	Abril	
1990	Novembro	Situação de emergência
1991	Abril	Estado de calamidade pública
1992	Abril	
1992	Maio	
1993	Maio	Estado de calamidade pública
1996	Janeiro	
1997	Dezembro	Situação de emergência
1998	Janeiro	
1998	Abril	Situação de emergência
1998	Junho	
2001	Abril	Situação de emergência
2001	Maio	
2001	Junho	
2001	Setembro	Situação de emergência
2002	Setembro	Situação de emergência
2002	Dezembro	
2003	Abril	Situação de emergência
2003	Maio	
2009	Novembro	
2010	Janeiro	
2013	Novembro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007), Defesa Civil – RS Organização: Freitas (2013)

Figura 3: Distribuição mensal das inundações em Quaraí no período de 1980 a 2013.



Organização: Freitas (2013)

Para investigação da relação entre a ocorrência de eventos de inundação com os anos em que ocorreu o fenômeno El Niño, fez-se uma análise da relação

entre os anos nos quais foram registradas as enchentes no município de Quaraí com medidas de Índice de Oscilação Sul (IOS) calculado a partir da diferença de pressão atmosférica (Tabela 2), ao nível do mar, existente entre a Ilha do Tahiti, no setor oeste do Oceano Pacífico e as Ilhas Darwin, no setor leste do Oceano. Quanto maior for esta diferença, em valores negativos, maior a intensidade do fenômeno El Niño durante o mês registrado. Para fins de comparação os meses com registro de ocorrência de inundações em Quaraí estão sublinhados.

Após uma análise relacionando os eventos de inundação no município de Quaraí e o Índice de Oscilação Sul (IOS) é possível considerar uma forte influência do fenômeno El Niño na região estudada. Dentre os eventos registrados, cerca de 68% ocorreram em meses onde aconteceu grande atividade mensal registrada para o El Niño. Além disso, observa-se, nos meses em que não há uma relação direta, a proximidade de situações muito altas de atuação do fenômeno nos meses precedentes, como acontece para o ano de 1983 no mês de maio e no ano de 1990 no mês de Abril.

Análise Espacial

Com o levantamento de dados em trabalho de campo foi possível definir as áreas suscetíveis à inundação na área urbana do município de Quaraí, como pode ser visto na Figura 4.

Observam-se as áreas de influência direta do Rio Quaraí, nas áreas localizadas junto as suas margens e, principalmente, seguindo a Sanga da Divisa localizada a leste junto a área urbana.

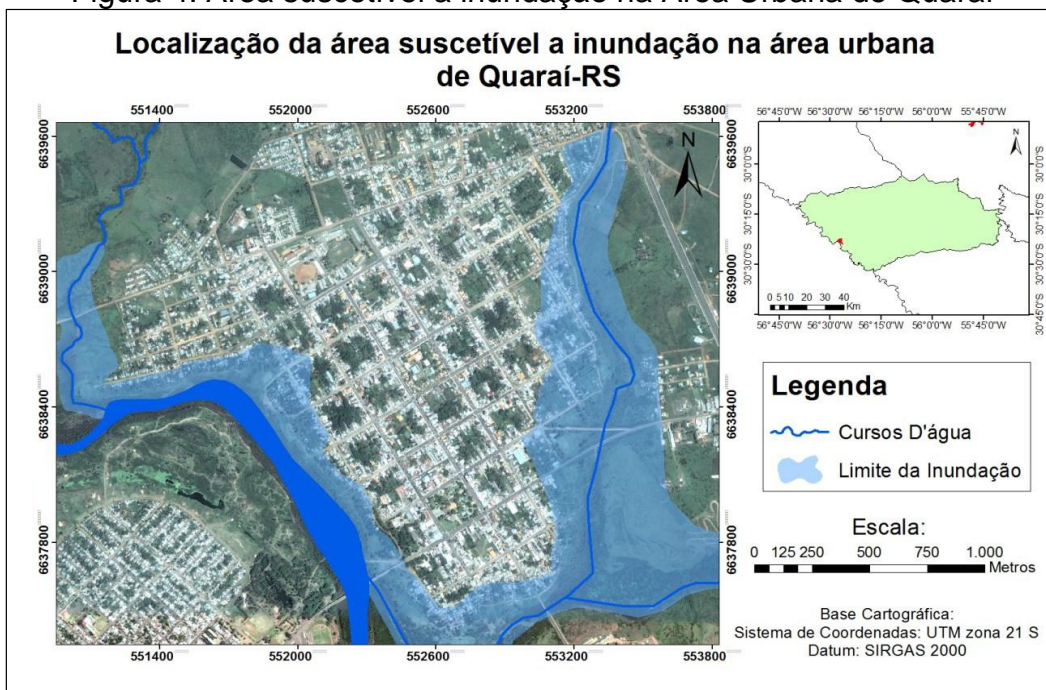
Para caracterização da população que é afetada usou-se o levantamento dos setores censitários atingidos por inundação que indica oito setores afetados, que são: setor 4315305000003, setor 4315305000004, setor 4315305000005, setor 4315305000008, setor 4315305000011, setor 4315305000012, setor 4315305000013 e setor 4315305000024.

Tabela 2 - Índice de Oscilação Sul (IOS) entre 1980-2013, com os valores sublinhados indicando os meses de ocorrência de eventos de inundação em Quaraí-RS

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0.7	0.5	-0.7	-1.0	0.0	0.0	-0.1	0.6	-0.8	0.0	-0.6	-0.1
1981	0.6	-0.3	-2.1	-0.2	1.3	2.0	1.4	1.2	0.5	-0.6	0.3	0.8
1982	2.0	0.4	1.0	0.1	-0.6	-1.7	-2.5	-2.9	-2.9	-2.8	-4.3	-3.7
1983	-5.8	<u>-6.0</u>	-4.0	-1.5	<u>1.0</u>	0.1	-1.0	0.2	1.4	0.7	-0.2	0.0
1984	0.3	1.4	-0.4	0.6	0.3	-0.6	0.3	0.7	0.2	-0.5	0.4	-0.2
1985	-0.5	2.0	1.3	1.9	0.7	-0.6	-0.2	1.6	0.0	-0.6	-0.3	0.4
1986	1.6	-1.7	0.8	0.5	-0.4	1.6	0.5	-0.6	-0.8	1.1	-2.0	-2.4
1987	-1.1	-2.1	-2.1	<u>-2.3</u>	<u>-2.1</u>	-1.8	-2.2	-1.5	-1.7	-0.6	0.0	-0.8
1988	-0.2	-0.6	1.1	0.2	1.5	0.1	1.7	2.5	3.0	2.3	2.8	2.0
1989	2.5	2.0	1.8	2.7	2.0	1.2	1.5	-0.5	0.8	1.3	-0.4	-0.9
1990	-0.1	-3.0	-0.7	<u>0.3</u>	2.0	0.5	0.9	-0.3	-1.2	0.4	<u>-0.8</u>	-0.4
1991	1.0	0.4	-1.1	<u>-1.0</u>	-1.7	-0.2	0.0	-0.7	-2.5	-1.7	-1.1	-2.9
1992	-4.7	-1.5	-3.3	<u>-1.7</u>	<u>0.4</u>	-1.0	-1.0	0.6	0.1	-2.3	-1.1	-0.9
1993	-1.5	-1.2	-0.8	-1.9	<u>-0.6</u>	-1.4	-1.3	-1.6	-1.2	-1.8	-0.1	0.3
1994	-0.2	0.4	-1.1	-2.1	-1.1	-0.7	-2.2	-2.0	-2.6	-1.9	-0.9	-2.0
1995	-0.7	-0.2	1.2	-1.1	-0.6	0.2	0.7	0.5	0.4	0.0	0.1	-0.8
1996	<u>1.6</u>	0.4	1.9	1.3	0.5	1.9	1.1	1.2	1.0	1.0	-0.1	1.5
1997	0.8	2.9	-0.7	-1.0	-2.2	-2.3	-1.2	-2.4	-2.4	-2.4	-2.0	<u>-1.6</u>
1998	<u>-4.4</u>	-3.4	-4.0	<u>-2.4</u>	0.4	<u>1.6</u>	2.0	1.9	1.7	1.8	1.7	2.3
1999	3.0	1.6	2.1	2.3	0.4	0.4	0.9	0.6	-0.1	1.6	1.7	2.4
2000	1.1	2.7	2.2	2.0	0.6	-0.3	-0.3	1.2	1.4	1.8	3.0	1.3
2001	1.6	2.8	1.5	<u>0.3</u>	<u>-0.8</u>	<u>0.5</u>	-0.3	-0.7	0.3	-0.1	1.1	-1.4
2002	0.7	1.8	-0.4	-0.1	-1.4	-0.4	-0.8	-1.6	<u>-1.0</u>	-0.6	-0.7	<u>-1.8</u>
2003	-0.3	-1.1	-0.5	<u>-0.2</u>	<u>-0.5</u>	-1.0	0.5	0.2	-0.2	0.0	-0.5	1.8
2004	-2.2	2.0	0.7	-1.5	1.7	-1.4	-0.8	-0.5	-0.6	-0.1	-1.1	-1.3
2005	0.6	-5.2	0.5	-1.0	-1.3	0.7	0.3	-0.6	0.6	2.0	-0.3	0.0
2006	2.7	0.2	2.9	1.8	-0.8	-0.4	-1.0	-1.7	-1.0	-2.1	0.1	-0.5
2007	-1.3	-0.1	0.3	-0.2	-0.2	0.9	-0.5	0.7	0.3	1.2	1.4	2.7
2008	2.9	4.4	2.4	1.1	-0.1	1.0	0.5	1.7	2.0	2.1	2.2	2.4
2009	1.8	3.1	0.7	1.3	-0.2	0.2	0.4	-0.3	0.5	-2.0	<u>-1.0</u>	-1.2
2010	<u>-1.8</u>	-2.4	-1.1	2.0	1.5	0.6	3.0	3.0	3.7	2.9	2.1	4.8
2011	3.8	4.5	4.2	3.1	0.6	0.4	1.6	0.7	1.7	1.2	1.8	4.1
2012	1.8	0.8	1.2	-0.4	0.1	-0.7	-0.1	-0.3	0.4	0.5	0.4	-1.0
2013	-0.1	-0.4	2.5	0.4	1.3	2.0	1.3	0.3	0.5	-0.1	<u>1.2</u>	0.1

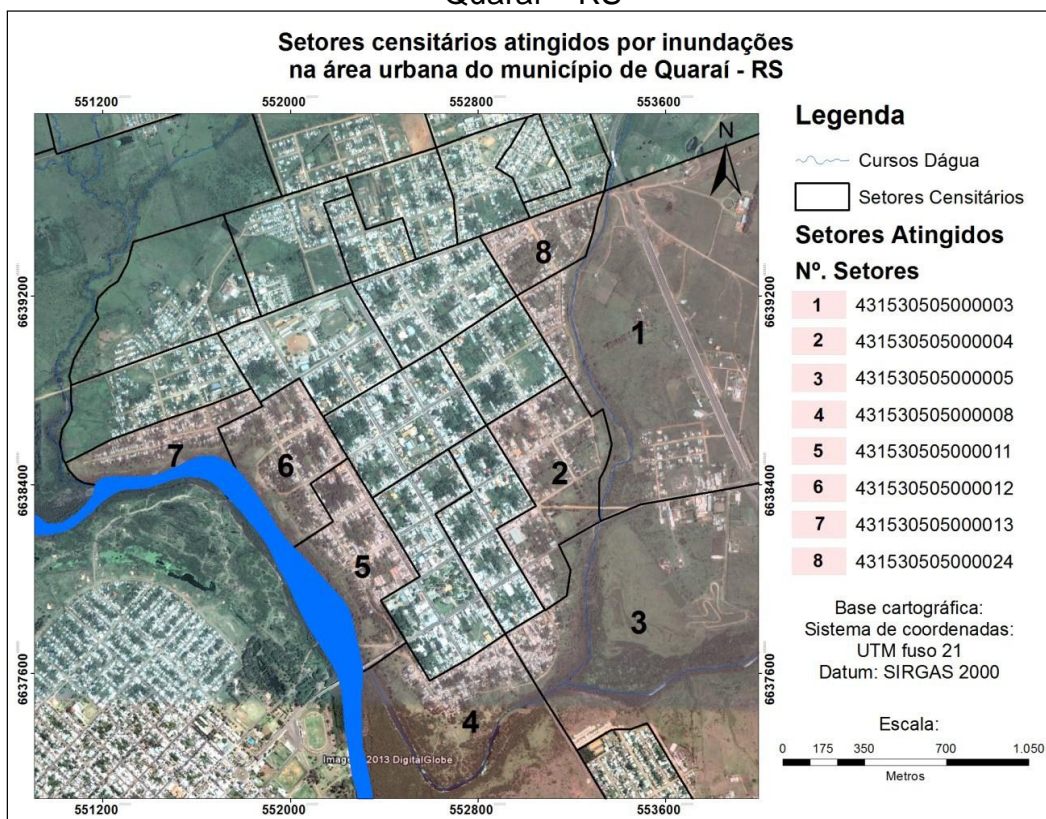
Fonte: NOAA/ National Weather Service (2013) Organização: Freitas (2013)

Figura 4: Área suscetível a inundação na  rea Urbana de Quaraí



Organiza o: Freitas (2013)

Figura 5: Setores censitários atingidos por inunda o na área urbana de Quaraí – RS



Organiza o: Freitas (2013)

Tabela 4: dados do Censo de 2010 dos setores atingidos por inundações.

Nº. Setor Censitário	Nº. Total de domicílios	Nº. Total de população	Alfabetizados (%)	População com idade < 15 e > 60 (%)	Domicílios com renda até 3 salários-mínimos(%)
431530505000003	242	728	85,4	46,7	98,3
431530505000004	214	658	92,2	40,2	94,4
431530505000005	233	633	84,3	44,2	77,7
431530505000008	232	692	87,5	51,4	96,5
431530505000011	200	618	89,5	46,4	86
431530505000012	230	692	85,8	40,6	99,5
431530505000013	208	608	83,9	48,3	100
431530505000024	196	547	82,6	44,9	98,9

Organização: Freitas (2014)

A figura 5 representa os setores censitários atingidos por inundações. Como pode ser visto no mapa, os setores 4315305000003, 4315305000004, 4315305000005, 4315305000008 e setor 4315305000024 são afetados pela inundação da Sanga da Divisa, enquanto os setores 4315305000011, 4315305000012, 4315305000013 são afetados por inundações associadas ao Rio Quaraí.

De acordo com a tabela 3, dentre os setores mais atingidos, com mais de 50% de sua área total afetada por inundações se destacam os setores 431530505000004, com 71% de sua área total afetada. O setor 431530505000012, com 57% da área total afetada por inundações e o setor 431530505000013, com 55% de sua área total afetada por inundações. Também vale citar o setor 431530505000011, do qual 36% da sua área total é suscetível a inundações. Os setores não ultrapassam 30% da área afetada em relação à área total dos setores, variando de 12% (setor 431530505000003) a 27% (setor 431530505000024).

Análise socioeconômica dos setores censitários afetados por inundação

Utilizando os dados do Censo de 2010 foi possível caracterizar econômica e socialmente cada setor censitário que é atingido por inundações. A tabela 4 representa os dados do Censo de 2010 por setor censitário afetado por inundações.

As áreas mais densamente ocupadas, verificado pelo número de moradias e habitantes, correspondem às áreas próximas à Sanga da Divisa.

No que diz respeito à alfabetização da população, em todos os setores mais de 80% da população é alfabetizada onde a maior porcentagem é de 92,2% no setor 431530505000004 e a menor porcentagem é do setor 431530505000024, onde 82,6% da população total é alfabetizada. Isso representa um ponto positivo, que permite indicar políticas de educação para minimização das inundações e para trabalhos de gestão.

A idade da população representa uma informação que permite avaliar a capacidade de enfrentamento do desastre, tanto por condições de resistência física, quanto pela possibilidade de gerir os recursos econômicos disponíveis pela família. Na área de estudo a idade da população em todos os setores censitários analisados, mais de 40% da população está numa faixa etária (<15 e > 60 anos). O setor com maior porção da população nessa faixa de idade é o setor 431530505000008 (51%), já o com a menor porcentagem é o setor 431530505000004, com 40,2% da população dentro dessa faixa etária.

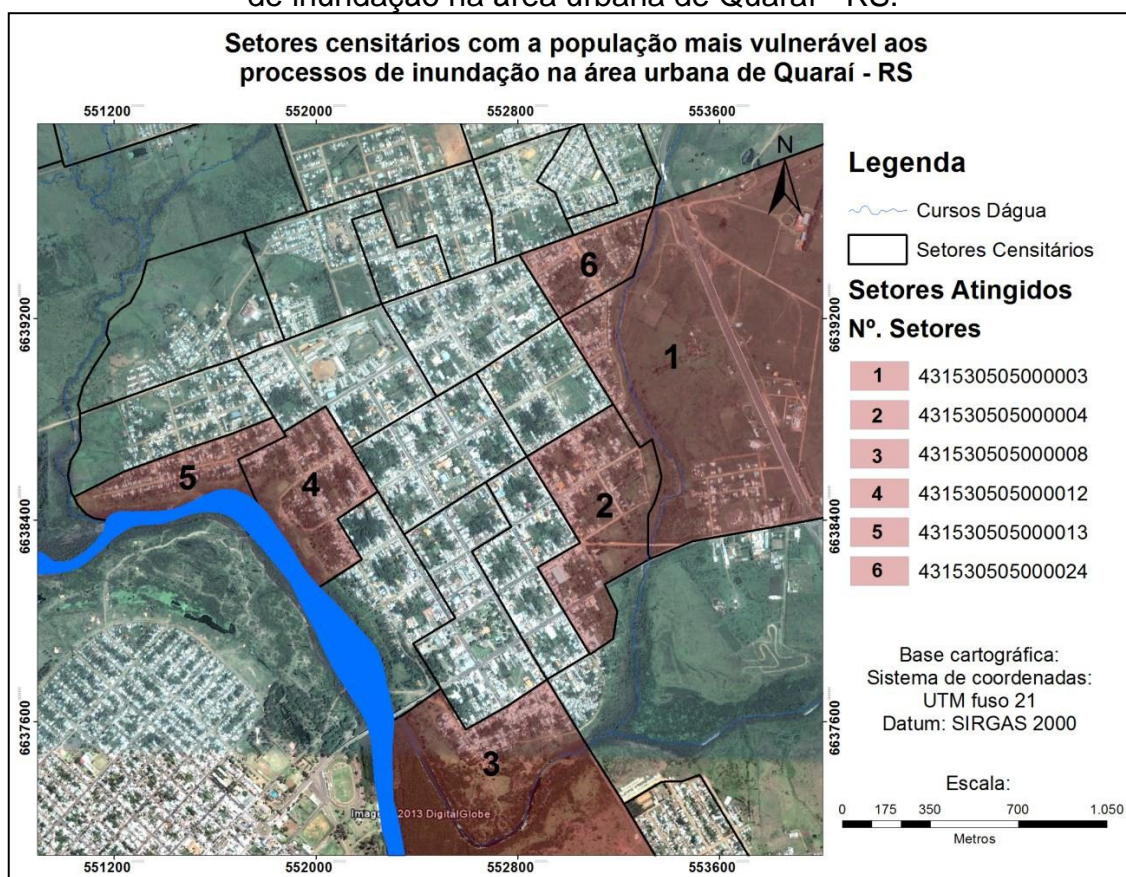
No que diz respeito à renda média dos domicílios, nota-se que a maior parte da população dos setores censitários atingidos por inundações é de baixa renda, sendo cinco dos oito setores com mais de 90% dos domicílios com rendimento mensal inferior a três salários-mínimos. Essa característica limita a capacidade financeira da população enfrentar o evento e de estabelecer intervenções individuais para minimizar os danos. A população fica muito dependente de ações governamentais.

O setor 431530505000013 com a maior porcentagem (100%) da população com essa média de renda mensal, já o setor 431530505000011 apresenta a menor porcentagem (86%) dos domicílios com essa renda média mensal.

Levando em consideração os parâmetros analisados, compreende-se que os setores censitários que são afetados por inundações possuem uma população muito vulnerável aos eventos. Apesar da maioria da população dos setores afetados ser alfabetizada, a renda média mensal dos domicílios é baixa. Além disso, há uma grande porcentagem de crianças e idosos residentes nos setores analisados.

Os setores onde a população é mais vulnerável são: setor 431530505000013 e setor 431530505000012, localizados a jusante do Rio Quaraí, o setor 431530505000003, setor 431530505000004 e setor 431530505000024 inseridos na porção à montante da Sanga da Divisa e o setor 431530505000008 que está inserido junto à jusante da Sanga da Divisa (Figura 6).

Figura 6: Setores censitários com a população mais vulnerável aos processos de inundação na área urbana de Quaraí - RS.



Organização: Freitas (2014)

Inundação de Novembro de 2013

Durante o desenvolvimento da pesquisa houve um evento de inundação no município de Quaraí, o evento ocorreu no mês entre os dias 11 e 12 de Novembro de 2013. Segundo dados levantados da imprensa local (TODOARTIGAS), o nível do rio chegou a 12,15 metros acima do nível normal no dia 12 daquele mês. Somente no domingo (dia 10) foi registrado 220mm de precipitação no município, sendo que em um espaço curto de tempo (2 horas)

choveu 124mm. Os índices de precipitação somados dos dois dias passaram de 320mm.

O município de Quaraí decretou Situação de Emergência em função da inundação, cerca de duas mil pessoas foram desabrigadas pelas chuvas que também acabaram provocando o destelhamento de algumas residências.

As figuras 7 e 8 foram fotos tiradas durante a inundação de Novembro de 2013, publicadas em sites de notícias. As duas fotos são da mesma área, próxima a Sanga da Divisa, no local há uma ponte que liga o bairro Gaudêncio Conceição ao centro da cidade, como pode ser visto nas imagens, a ponte foi totalmente encoberta pela água.

Figura 7: Inundação de Novembro de 2013



Fonte: g1.globo.com

Figura 8: Inundação de Novembro de 2013



Fonte: todoartigas.com

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento de dados e uma análise tem poral/espacial dos eventos, foi possível entender melhor a dinâmica dos eventos de inundação que ocorrem no município de Quaraí - RS. As discussões feitas ao longo do trabalho são de grande importância, representando a etapa inicial para estudos de áreas de risco, servindo como base para estudos mais detalhados como fatores condicionantes e zoneamento do risco.

Nesse contexto, este trabalho busca auxiliar em iniciativas de gerenciamento com a finalidade de diminuir os efeitos adversos provocados pelas enchentes e inundações no município de Quaraí, através da análise e mapeamento das áreas de risco de inundações no município.

REFERÊNCIAS

Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM. **As regiões hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul – Bacia U60 - QUARAÍ.** Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_quarai.asp> Acesso em: 10 jun. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Resultados do Censo 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=431530>> Acesso em: 10 jun. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Malha Digital 2010**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso em 10 jun. 2013

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

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. CD-ROM. s/p.

NOAA - **National Wearth Service**. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/soi>> Acesso: jul. 2013.

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) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, Santa Maria - RS.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1994.

Sistema Nacional de Defesa Civil – **Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres – S2ID**. Disponível em: <<http://s2id.integracao.gov.br/>> Acesso em: 10 jun. 2013.

TUDOARTIGAS, **Quaraí em estado de emergencia por inundacion. Artigas, Uruguai**. Disponível em <<http://todoartigas.com/index.php/noticias/item/991-quarai-en-estado-de-emergencia-por-inundacion>> Acesso em 30 de Novembro de 2013.

UM–ISDR – **International Strategy for Disaster Reduction. 2009**. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em Junho de 2013.

WOLLMANN, Cássio Arthur. **Relação entre a atuação do fenômeno El Niño e ocorrência de enchentes na bacia hidrográfica do Rio Caí – RS no período de 1982 a 2005**, 2008, UFSM, Santa Maria – RS.

USO DE TRÊS FONTES DE DADOS ALTIMÉTRICOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS COM PERIGOS À INUNDAÇÃO

Bruno Zucuni Prina; Romario Trentin

DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499413207>

Resumo: Esse trabalho possui o intuito de realizar um mapeamento das áreas de perigo à inundação no município de Jaguari/RS, com três distintas fontes de dados altimétricos: cartas topográficas do exército, uma cena do SRTM e uma imagem orbital do ASTER. Com isso, criaram-se inúmeras bases cartográficas no aplicativo ArcGIS  (MDE, mapa urbano, mapa de densidade urbana, mapa de declividade e mapa de buffer) e posteriormente, os referidos dados foram modelados com a atribui o de “pesos” e “notas” no aplicativo Vista Saga, a fim de estimar o perigo   inunda o no município. A partir da modelagem dos dados, identificou-se que os dados do SRTM e ASTER resultaram em uma melhor representa o das áreas de perigo   inunda o, fato que pode ser complementado pela alta correla o dos dados ($R^2 = 0,931$) de ambos. A partir dessa modelagem, identificaram-se as áreas que resultaram em “alto perigo   inunda o”, composta pelos bairros: Centro, Mauá, Nossa Senhora Aparecida, Promorar, Rivera e Sagrado Cora o de Jesus. Esses bairros, em futuros trabalhos, serão os que receberão aten o especial para coletadas de dados *in loco*.

Palavras-chave: Inunda o; SRTM; ASTER; Carta Topográfica; Suscetibilidade; Perigo.

USE OF THREE SOURCES OF ALTIMETRIC DATA FOR IDENTIFICATION OF FLOOD HAZARDS AREAS

Abstract: This paper has the objective of perform mapping of the flood hazard areas in the city of Jaguari/ Brazil, using three different bases of elevation data: topographic maps of the army, an image of the SRTM and an image of ASTER. With this, were constructed various cartographic databases the application ArcGIS  (DEM, urban map of urban density map, slope map and buffer map) and later, data were modeled by assigning “weights” and “notes” in Vista Saga application, to estimate the hazard of flooding in the city. From the modeling of the data, was identified that data from the SRTM and ASTER resulted in a better representation of the flood hazard areas, fact that can be complemented for high data correlation ($R^2 = 0.931$). From this modeling, were identified areas resulting in “high hazard flood”, composed of the neighborhoods: Centro, Mau , Nossa Senhora Aparecida, Promorar, Rivera e Sagrado Cora o de Jesus. These neighborhoods, in future studies, will be those who will receive special attention to data collected in situ.

Keywords: Flooding; SRTM; ASTER; Topographic Maps; Susceptible; Hazard.

INTRODU O

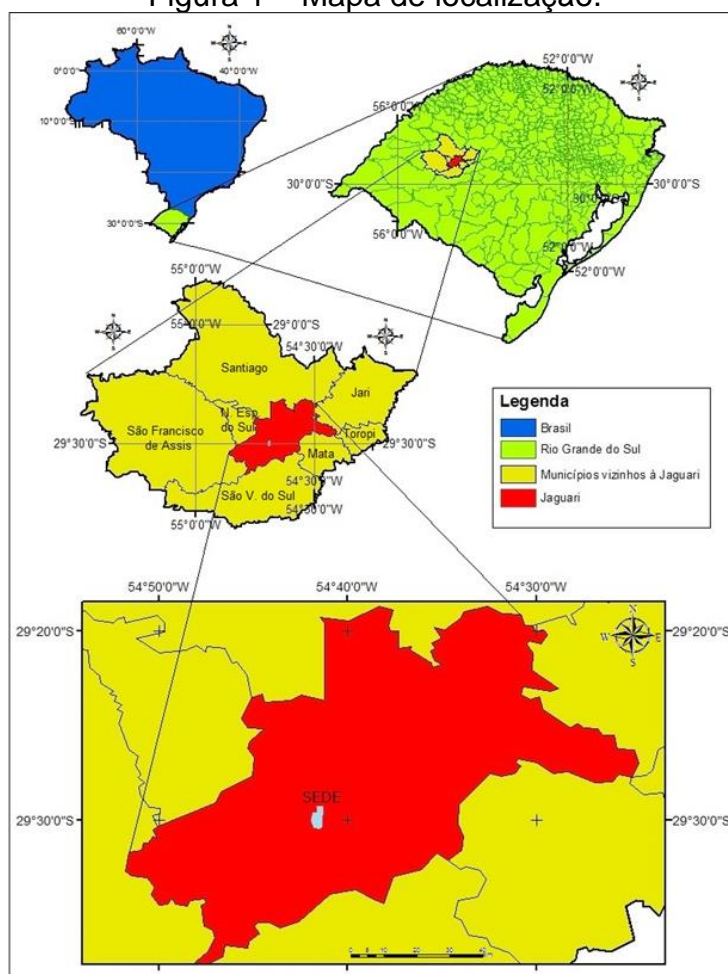
No Brasil não há incidência de desastres naturais de origem tect nica, contudo, Santos (2007, p. 10) alerta que em nosso país “os desastres tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, potencializados pela a o do homem”. Segundo dados descritos pelo mesmo autor, no período de 2000 a 2007 foram 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 econ mico na ordem de US\$ 2,5 bilh es⁶. Uma sucinta explica o para os grandes prejuízos no país  

⁶ Base de dados que Santos (2007) obteve por meio da Universidade Católica de Louvain, Bélgica.

apresentada por Santos (2007, p. 11) que destaca que “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”.

Destarte, nesse trabalho realizou-se um mapeamento a fim de pré-identificar⁷ os locais com maiores graus de perigo à inundação no município de Jaguari/RS (Figura 1). Assim, utilizaram-se os aplicativos: ArcGIS® (para gerar os mapas) e o Vista Saga (para realizar o cruzamento espacial). Para geração dos mapas, foi utilizado três fontes de dados altimétricos: cartas topográficas, uma cena do Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) e uma imagem orbital do Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER).

Figura 1 – Mapa de localização.



Fonte: organizado pelos autores.

⁷ Utilizou-se a terminologia “pré-identificar” pelo fato de que o referido trabalho será composto por dados altimétricos não coletados a campo, assim, as estimativas serão aproximadas.

Como o foco do trabalho é realizar a identificação de áreas inundáveis, foram confeccionados os mapas de suscetibilidade (MDE), de declividade (origem do MDE), urbano, de densidade urbana e de buffer a fim de melhor identificar os locais com maiores perigos. Destaca-se que o incentivo do trabalho está no fato de mapear os locais com distintas classes de perigo, para posteriormente realizar um levantamento planialtimétrico com utilização de métodos topográficos (estação total) e geodésicos (Global Navigation Satellite System - GNSS) juntamente com o cadastral, para mapear a vulnerabilidade das construções. Assim, esse trabalho é de extrema importância, pelo fato de que o mesmo orientará na identificação dos locais com maiores probabilidades à inundação no município de Jaguari, norteando as etapas posteriores de coleta de dados *in loco*.

O município de Jaguari está localizado no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo banhado pelo Rio Jaguari⁸, afluente do Ibicuí e é conhecida como “A Cidade das Belezas Naturais”, tem essa denominação devido seu povo hospitaleiro, na qual, preserva muito bem as diversas belezas naturais que ali possui (PRINA e MIOLA, 2011).

Em relação ao município de Jaguari, enfatiza-se que a população total é de cerca de 11,5 mil habitantes, numa área territorial de aproximadamente 673 km², resultando numa densidade demográfica de 17,04 habitantes/km²⁹. Em relação a população residente do município de Jaguari, 57% dos habitantes estão localizados no meio urbano, e 43% no perímetro rural¹⁰.

Conforme o levantamento realizado por Reckziegel (2007) entre 1980 e 2005, o município de Jaguari registrou 3 ocorrências de enchentes, sendo elas em: outubro/1982, outubro/1997 e abril/1998. A mesma autora, quantificou, no mesmo período 3 cenários de enxurradas, registradas em: maio/1984, novembro/1997 e outubro/2002. A fim de salientar os problemas com inundações em Jaguari, Reckziegel (2007, p. 136) enfatiza que em 1984, mais especificamente em maio, “os danos mais significativos ocorreram em

⁸ “Jaguar-hy” é de origem indígena, significando “rio do jaguar” (FAMURS, s. d.).

⁹ Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=431110>>. Acesso em 24 nov.2013.

¹⁰ Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=431110&idtema=1&search=rio-grande-do-sul|jaguari|censo-demografico-2010:-sinopse->>>. Acesso em 24 nov.2013.

municípios dos vales dos rios Jaguari e Ibicuí e da porção oeste do estado”. A referida autora destaca que mais de 100 edificações ficaram completamente destruídas e aproximadamente 150 ficaram danificadas, ocasionando 2 mortes, além de cerca de 1500 desabrigados no município. Outro grande evento que prejudicou a cidade ocorreu em 1997, mais precisamente em outubro, desabrigando cerca de 890 pessoas (RECKZIEGEL, 2007).

Após o ano de 2005, o qual é limítrofe do trabalho realizado por Reckziegel (2007), o município de Jaguari sofreu, ainda, com dois eventos de inundações. A primeira em janeiro de 2010 e, posteriormente, em outubro de 2012.

Tais registros são comprovados por relatos contabilizados pela mídia. Na primeira data, o jornal Correio do Povo destaca que cerca de 30 famílias ficaram desabrigadas perante o evento. Já na segunda data, diante dos relatos do jornal Diário de Santa Maria (apud NEMITZ, 2012) alguns moradores foram removidos de suas residências, pelo fato de que a água invadiu-as. Assim, fica visível o problema que o município possui em vivenciar cenários de perdas perante as inundações que ali ocorrem.

No que tange ao assunto, a fim de comprovar a importância do referido trabalho, tem-se através do sítio da Agência Nacional de Águas (ANA), com o “Atlas de vulnerabilidade a inundações”, no estado do Rio Grande do Sul, que o trecho do Rio Jaguari, que passa pelo meio do perímetro urbano do município, possui a classificação de “alta vulnerabilidade a inundações”. Já, Robaina e Trentin (2013) classificaram Jaguari como sendo um município com média probabilidade de ocorrências de enchentes, assim, faz-se necessário a identificação e mapeamento dos locais com maiores graus de perigo à inundação.

Para o entendimento desse trabalho deve-se de haver a fundamentação teórica de alguns conceitos intrínsecos as questões metodológicas a serem aqui implantadas. Assim sendo, inicialmente haverá a definição do vocábulo “inundação”, o qual pode ser definido a partir da discussão de Eckhardt (2008, p. 26 e 27):

(...) inundação é o termo utilizado para o excesso do volume de água que não consegue ser drenado pelo canal principal (leito menor), inundando as áreas ribeirinhas (leito maior ou planície de inundação), de acordo com a topografia

e que abrigam vias de circulação e transporte, áreas residenciais, recreativas, comerciais e industriais.

Tucci e Bertoni (2003) explicitam que as inundações são integradas a dois processos distintos, os quais ocorrem de forma integrada ou também de forma separada, as quais são as inundações, ocorridas devido à urbanização ou de origem natural (localizadas nas áreas de várzeas). Tais inundações ocorrem tanto no meio urbano como no rural. Sequencialmente serão contextualizados algumas definições que são os pilares, para que sejam constatados, com acurácia, alguns procedimentos metodológicos desse trabalho. Assim, destacar-se-ão os conceitos de suscetibilidade e perigo interligado às inundações.

A terminologia suscetibilidade pode ser conceituada como a possibilidade de que um determinado evento possa ocorrer. Tais fenômenos podem ser qualificados como os relacionados a perdas e danos ao ser humano. A forma em que a suscetibilidade é mapeada depende muito das características naturais da área de estudo, pois, estas são específicas do local (SANTOS, 2012).

A nomenclatura perigo, também é conhecida como hazard (do inglês), a qual é definida como uma fonte ou situação potencial de causar alguma lesão ou doença, danos ao meio ambiente, bem como a combinação dos dois (MAGNANELLI, 2012). Cutter e Press (2001) definem hazard como sendo um indício de ameaça às pessoas, bem como de seus objetos, e enfatizam que existem dois tipos de perigos: os naturais (como os terremotos) e os tecnológicos (provocados por acidentes químicos). Os mapas de perigo são importantes para o planejamento de atividades de desenvolvimento, para planejamento de emergência e para desenvolvimento de políticas (JHA e LAMOND, 2012). Nesse trabalho, o perigo será segmentado em várias classes, sendo que os locais com maior perigosidade serão os que unirem, principalmente, a maior suscetibilidade (as menores cotas altimétricas do terreno) aos locais com ocupação urbana. Resumidamente, a explicação de perigo referenciada por Robaina e Trentin (2013) resume o conceito a aqui ser adotado: “estar em perigo é estar ameaçado de sofrer alguma perda ou dano”.

Ainda, é importante referenciar as definições de vulnerabilidade e risco, pois os mapas oriundos dessas duas definições serão modelados em etapas posteriores, por meio de um levantamento cadastral, topográfico e geodésico.

Resumidamente, pode-se conceituar o termo vulnerabilidade como sendo a fragilidade de um sistema ambiental em relação a uma determinada pressão (FIGUEIRÊDO et al, 2010). Esse conceito pode ser englobado conforme o grau de desenvolvimento (pobreza) de uma determinada população (SANTOS, 2007).

Destaca-se que risco (ou do inglês Risk) pode ser oriundo da interação de um perigo (que é um evento não controlável) com uma exposição (que é um evento controlável) (MAGNANELLI, 2012). Cutter e Press (2001) associam a definição de risco como sendo a probabilidade de ocorrência de determinado evento (de acontecer um perigo). Ainda Cutter e Press (2001) enfatizam que o mapeamento e a definição de distintas classes de riscos são importantes pelo fato de que elas definem as áreas de segurança e aceitabilidade, resultando, dessa forma, nos locais apropriados à moradia. Os mapas de risco à inundação incorporam informações dentro do contexto de dados sobre ativos à população, e sua vulnerabilidade ao perigo, bem como sendo uma ferramenta suplementar à tomada de decisão (JHA e LAMOND, 2012).

Destarte, o referido trabalho passar-se-á pela geração de mapas de suscetibilidade e de declividade, através da comparação dos dados altimétricos de cartas topográficas na escala 1:50.000, e imagens dos sensores SRTM e ASTER. Com esses, serão cruzados, ainda, os mapas de “densidade urbana”, “de buffer” e o “urbano”, conforme já evidenciado. Assim, com a atribuição de pesos e notas, serão elaborados três mapas de perigo à inundação, obtidos por três metodologias distintas (carta topográfica, imagem do ASTER e do SRTM.).

O objetivo do trabalho é o de gerar mapas de perigo à inundação para o município de Jaguari através de três fontes de dados altimétricos.

METODOLOGIA

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos envolvidos nesse trabalho, há de citar os aplicativos os quais foram utilizados. Assim, para geração dos mapas, foi utilizado o ArcGIS®, versão 10.1, já para realizar o cruzamento dos mapas usou-se o aplicativo Vista Saga, desenvolvido pela UFRJ, disponibilizado gratuitamente no sítio <<http://www.viconsaga.com.br/lageop/downloads.php>>, e por fim, empregou-se o aplicativo Google Earth como suporte à análise dos dados. Os procedimentos teórico-práticos serão dispostos cronologicamente a seguir.

Estudos Iniciais

Inicialmente foi realizado um prévio estudo de trabalhos já publicados, a fim de tentar explicitar se há algum padrão quanto às bases cartográficas a serem utilizadas para o mapeamento detalhado de áreas de perigo a inundação, bem como, identificar algum possível padrão de atribuição de “pesos” e “notas” aos mapas e suas convenções cartográficas, respectivamente.

É mister diferenciar os conceitos de “peso” e o de “nota” caracterizados nesse trabalho. Peso será o valor atribuído para cada mapa, e o mesmo deverá totalizar o valor de 100. Já nota, será o valor atribuído para cada feição do mapa (convenção), podendo variar de 0 a 10.

Base de dados

Para estruturar as bases metodológicas do presente trabalho, utilizaram-se três fontes de dados em três diferentes escalas:

- Cartas topográficas de Jaguari (folha SH-21-X-D-II-4) e de São Vicente do Sul (folha SH-21-X-D-V-2), ambas na escala 1:50.000;
- Uma cena do sensor SRTM (folha SH-21-X-D), a qual possui resolução espacial de 90m, disponibilizado gratuitamente no sítio da EMBRAPA: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>>;
- Uma imagem da plataforma ASTER, a qual possui resolução espacial de 30m, disponibilizado gratuitamente no sítio: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.

Destaca-se que o recorte espacial de análise dos dados foi delimitado em função do perímetro urbano de Jaguari, conforme descrito na Lei Municipal número 1836 de outubro de 1989.

Sabe-se que as cartas topográficas na escala 1:50.000 são oriundas de levantamentos aerofotogramétricos realizadas no ano de 1975. As mesmas possuem curvas de nível na equidistância de 20 metros, e encontram-se disponíveis em formato analógico, no Rio Grande do Sul, na Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG)¹¹.

¹¹

Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/PaginaForum/Forum_Sul/Apresentacoes/RIO%20GRANDE%20DO%20SUL_CONCAR.pdf>. Acesso em 23 fev.2014.

Souza e Matricardi (2013) informam que o MDE do SRTM possui uma resolução espacial de 3 arcos-segundos (90x90 metros), e o mesmo é originado por um radar. A grande vantagem em trabalhar com as imagens do SRTM é o fato das mesmas serem oriundas de radares, logo, as mesmas não possuem interferências significativas da atmosfera. Destaca-se, ainda, que as imagens SRTM, de 90 metros de resolução espacial, são oriundas da banda “C” do radar.

Souza e Matricardi (2013) explicitam que o MDE do ASTER possui uma resolução espacial de 30 metros, sendo que o ASTER está a bordo do satélite Terra, sendo assim, constituído por imagens orbitais, podendo, inclusive, sofrer interferências climáticas (nuvens).

Mapas de Suscetibilidade - MDEs

Destaca-se que para realizar a modelagem dos MDEs, foi utilizado o algoritmo do “Topo to Raster”, do ArcGIS®. No que tange ao planejamento detalhado para a geração dos MDEs, a seguir, destacar-se-ão todos os procedimentos realizados para cada uma das metodologias abordadas.

Alerta-se que para realização dos MDEs, foi utilizada uma área maior que a de análise, a fim de realizar a modelagem e não haver o “efeito de borda”.

Carta topográfica

Utilizaram-se as cartas topográficas de Jaguari e de São Vicente do Sul (escala 1:50.000). As mesmas receberam um tratamento dos dados no aplicativo ArcGIS®¹². Assim, para geração do MDE digitalizaram-se as curvas de nível das cartas e os pontos cotados, e uniram-se a essas as informações da rede de drenagem do local. Por fim, com o algoritmo do “Topo to Raster”, criou-se o MDE. Assim, para a referida área, totalizaram-se 10 curvas de nível, variando de 100m a 300m de altitude, e um ponto cotado, no valor de 307m, resultando em uma amplitude de 207m.

¹² Recorte em função do perímetro urbano da cidade, georreferenciamento e conversão da projeção cartográfica para o sistema de referência SIRGAS 2000.

SRTM

Para geração do mapa de suscetibilidade com a utilização da imagem SRTM, houve um prévio tratamento dos dados, no ambiente do ArcGIS®¹³. Após isso, utilizou-se a ferramenta “Raster to Point”, do mesmo aplicativo, a fim de converter a informação matricial para feições pontuais da altimetria do local, para realização do MDE. Assim, para a referida área, totalizaram-se 1.484 pontos, com informações altimétricas sintetizadas entre as cotas de 95m e 276m de altitude, com uma amplitude de 181m.

ASTER

Para geração do MDE do ASTER, houve os mesmos procedimentos adotados com a imagem SRTM. Porém, a referida área, englobou 9.931 pontos, com informações altimétricas sintetizadas entre as cotas de 80m e 288m de altitude, com uma amplitude de 208m.

Atribuição das notas à altitude

Para realizar a atribuição das notas, utilizou-se o conceito estatístico do “quartil”. Destaca-se que com o uso do quartil o conjunto ordenado dos valores altimétricos ficou subdividido em partes iguais (GUIMARÃES, 2007). Assim sendo, os dados foram subdivididos em 10 classes, conforme descrito na Figura 2.

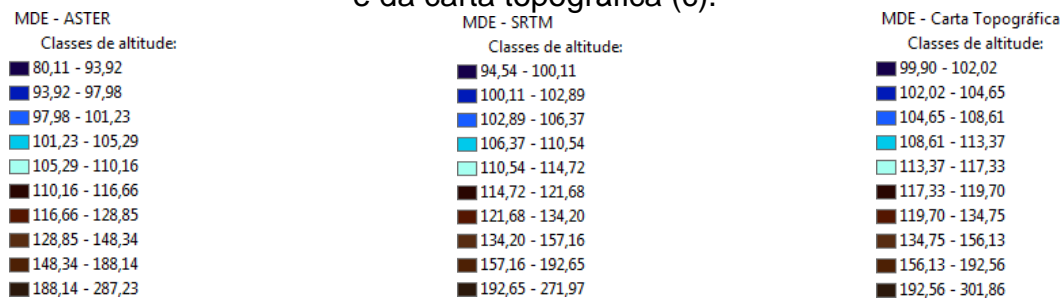
A atribuição dos pesos para as 10 classes ocorreu de forma ordinária, sendo que a classe altimétrica de menor cota recebeu a maior nota (10), e assim por diante, conforme descrito na Figura 3.

Atribuição das notas à altitude

Entre os pesos atribuídos aos mapas, o de suscetibilidade será aquele que possuirá o maior valor, visto que, a altimetria do terreno é um fator natural às áreas inundáveis, ou seja, planícies localizadas na várzea são áreas com maior probabilidade de ocorrer inundações (JUNK, 1997 apud COLOMBO, s.d.). Destarte, atribui-se o peso de 35 (do total de 100) para o mapa de suscetibilidade (o MDE).

¹³ Recorte em função do perímetro urbano da cidade e conversão da projeção cartográfica para o sistema de referência SIRGAS 2000.

Figura 2 – Subdivisão final das classes de altitude: do ASTER (a), do SRTM (b) e da carta topográfica (c).



Fonte: organizado pelos autores.

Figura 3 – Subdivisão final das classes de altitude: do ASTER (a), do SRTM (b) e da carta topográfica (c).



Fonte: organizado pelos autores.

Mapas de declividade

Alerta-se que para realização dos MDEs, foi utilizada uma área maior que a de análise, a fim de realizar a modelagem e não haver o “efeito de borda”.

Geração dos mapas

Para geração dos mapas de declividade, utilizaram-se os MDEs originados anteriormente. Para tal procedimento, usou-se a ferramenta “Slope”, do aplicativo ArcGIS®. Assim sendo, a metodologia de criação dos mapas de declividade foi similar a todas as três bases cartográficas (originado do SRTM, ASTER e carta topográfica), com a única diferença de que foram utilizados os seus respectivos MDEs.

Assim, para determinar os referidos mapas, utilizou-se o padrão de declividade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT, 1981), o qual possui a declividade segmentada em 4 classes, conforme descrito no Quadro 1.

Atribuição das notas à declividade

Conforme já mencionado na altimetria, a declividade é outro fator de extrema importância para estudos que envolvem áreas inundáveis, visto o fator natural das inundações ocuparem, principalmente, as áreas planas. Assim sendo, as menores declividades receberão as maiores notas.

Para sintetizar a análise da atribuição das notas a essa classe, tem-se a Figura 4, a qual exemplifica de forma visual a referida caracterização.

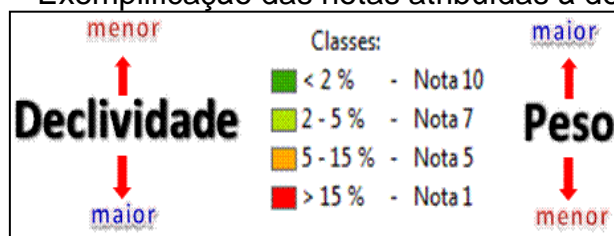
Intensifica-se que o planejamento das notas referente a declividade foi baseada no trabalho de Magalhães et al (2011), porém o mesmo baseou-se no intervalo de declividades sugerido pela EMBRAPA.

Quadro 1 – Descrição das classes de declividades, juntamente com seus respectivos intervalos.

Classes	Descrição
< 2%	Áreas muito planas, e quando estão localizadas próximas as redes de drenagem ficam sujeitas a inundação (TRENTIN e ROBAINA, 2005).
2 – 5%	Áreas planas, características de processos de deposição de sedimentos (TRENTIN e ROBAINA, 2005).
5 – 15%	Áreas onduladas com processos de dinâmica superficiais erosivos moderados a acentuado (TRENTIN e ROBAINA, 2005).
> 15%	Declividade com áreas propícias à ocorrência de escorregamentos e movimentos de massa (TRENTIN e ROBAINA, 2005).

Fonte: organizado pelos autores.

Figura 4 – Exemplificação das notas atribuídas à declividade.



Fonte: organizado pelos autores.

Atribuição das notas à declividade

Oliveira e Guasselli (2011) mencionam que “um dos principais parâmetros influenciadores das inundações, inserido no mapeamento geomorfológico, é a declividade, pois permite estipular a velocidade de escoamento das águas”. Há de se destacar que a declividades entre 0 e 5% são as que possuem maior influência em áreas inundáveis, pelo fato de representar as várzeas e os terraços fluviais (DIAS et al., 2004 apud OLIVEIRA e GUASSELLI, 2011).

Ainda, conforme já justificado, o fator natural, envolve um processo que retoma ao mapa de declividade a atribuição de uma grande contribuição no acontecimento de uma inundação, assim, o segundo maior peso será inserido a esse mapa, com o valor de 25.

Mapa de buffer

Para geração do mapa de buffer utilizou-se a base hidrográfica digitalizada do perímetro urbano do município de Jaguari e a partir desse, implantaram-se distintos buffers. Como padrão nos offsets utilizou-se a Lei 12.651 (Novo Código Florestal) como referência, considerando, assim, cinco buffers: 30m, 50m, 100m, 200m, e 500m¹⁴. Sabe-se que a referida lei, impõe cada um desses buffers a respectiva largura do rio. Nesse trabalho, utilizar-se-ão todos os buffers a fim de mapear com distintas áreas de abrangência a localização ou não de áreas com maior ou menor grau de perigo, sendo um dos critérios à análise final.

Atribuição das notas à declividade

Conforme a descrição de Trentin e Robaina (2005) são sujeitas a inundação as “áreas muito planas, e quando estão localizadas próximas as redes de drenagem [...]”. Assim sendo, criou-se o mapa de buffer a fim de contribuir na identificação dos locais com maiores perigos (Figura 5).

Figura 5 – Exemplificação das notas atribuídas ao mapa de buffer.

Valor do Buffer	Notas
30m	10
50m	9
100m	6
200m	3
500m	1

Fonte: organizado pelos autores.

Atribuição do peso ao mapa de buffer

Após um estudo exaustivo quanto às variáveis que influenciariam no mapeamento das áreas com maiores perigos, entendeu-se que, nem sempre

¹⁴ Novo Código Florestal – Sistema FAEP. Página 62.

utilizando as áreas mais baixas (altimetria) e planas (declividade) o perigo estaria melhor ou pior apontado. Assim sendo, caracterizou-se, o mapa de buffer, como uma informação importante, porém não principal, com isso, o peso atribuído à referida variável foi de 10.

Mapa urbano

Para realizar a construção do mapa urbano, vetorizaram-se todas as construções (casas, lojas, galpões, etc.) do perímetro urbano do município¹⁵, bem como realizou o mapeamento dos bairros do município. Destaca-se que para construir a base cartográfica dos bairros, utilizou-se das leis municipais¹⁶ que descreviam a localização e limites destes, assim sendo, a mensuração dos mesmos, foi realizada por meio da interpretação dessa documentação.

Atribuição das notas ao mapa urbano

Conforme já mencionado e destacado, o mapa urbano ficou segmentado em duas classes, as construções e a mancha urbana (delimitação dos bairros). Sendo que as construções receberam uma nota de 10 e a mancha urbana, nota 7.

Atribuição das notas ao mapa urbano

Outra variável de extrema importância, e que ocupou o terceiro maior peso, foi o mapa urbano, visto que o mesmo está sendo utilizado para a geração final de um mapa de perigo. Conforme menciona Cutter e Press (2001) o perigo está descrito como o “indício de ameaça às pessoas, bem como de seus objetos”, assim sendo o mapeamento das construções faz-se de extrema importância, a fim de identificar onde estão as áreas de concentração populacional, para posteriormente estimar o perigo (ou não) desses locais quanto às inundações. Assim, o mapa urbano possuirá o peso de 20, o terceiro maior.

¹⁵ O suporte cartográfico para essa etapa foi um mosaico de imagens do Google Earth, georreferenciado no ArcGIS®.

¹⁶ Lei Municipais números: 1825 (agosto/1989); 1826 (agosto/1989); 1831 (setembro/1989); 2075 (dezembro/1996); 2076 (dezembro/1996); 153 (novembro/1998); 2196 (dezembro/1999) e 2515 (abril/2005).

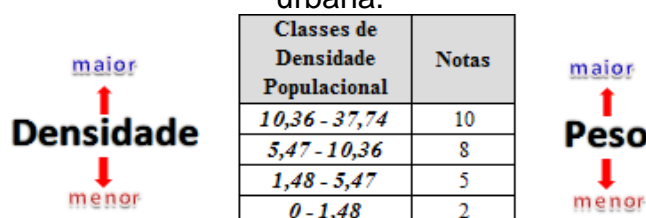
Mapa de densidade urbana

Valerio Filho e Belisário (2012) destacam que o crescimento urbano aumenta a impermeabilização do solo, comprometendo a capacidade de suporte da drenagem quando há um maior escoamento superficial, gerando, assim, uma maior probabilidade de ocorrências de inundações à jusante da bacia hidrográfica. Após isso, verificou-se que a análise do adensamento urbano é um fator inerente ao mapeamento do perigo às inundações. Assim, para realizar o referido mapeamento, utilizou-se a ferramenta Kernel Density do ArcGIS®, e dividiu-se o resultado em quatro classes, segmentadas pelo conceito estatístico do quartil. Analisa-se que a densidade em questão está relacionada ao número de construções/hectare.

Atribuição das notas à densidade urbana

Após a construção do mapa com as quatro classes, informaram-se as notas conforme o Figura 6. Assim, fica visível que quanto maior a densidade, maior foi o peso da variável.

Figura 6 – Exemplificação das notas atribuídas às classes de densidade urbana.



Classes de Densidade Populacional	Notas
10,36 - 37,74	10
5,47 - 10,36	8
1,48 - 5,47	5
0 - 1,48	2

Fonte: organizado pelos autores.

Atribuição do peso à densidade urbana

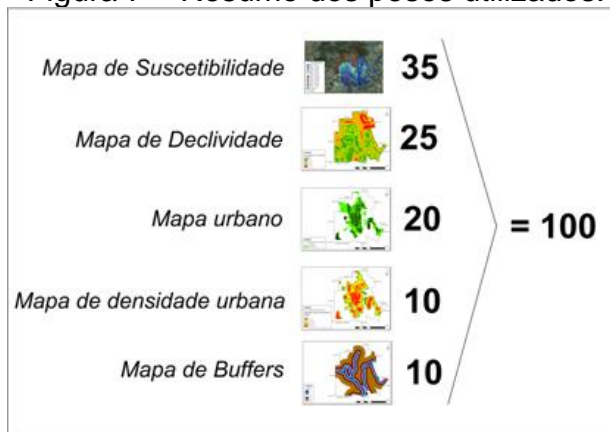
Conforme já destacado, constatou-se muito importante haver um mapa com informações de densidade urbana, assim o mesmo mostrar-se-á importante no cruzamento das informações, conforme já justificado, assim, o mesmo receberá o peso de 10.

Síntese das atribuições das notas e dos pesos finais

Conforme já distinguido, os pesos são os valores referenciados aos mapas (valor que deverá totalizar 100), e notas são informações entrelaçadas às convenções desses (as classes). Assim, sendo, as Figuras 7 e 8, resumem

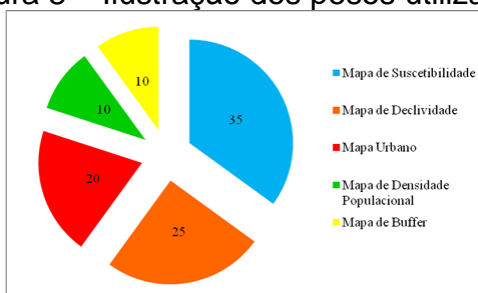
as informações quanto aos pesos utilizados. Já a Figura 9 sintetiza as informações das notas.

Figura 7 – Resumo dos pesos utilizados.



Fonte: organizado pelos autores

Figura 8 – Ilustração dos pesos utilizados.



Fonte: organizado pelos autores

Figura 9 – Ilustração dos pesos utilizados.

MDE (35)		Declividade (25)		Mapa urbano (20)		Densidade (10)		Buffer (10)	
Classes	Notas	Classes	Notas	Classes	Notas	Classes	Notas	Classes	Notas
1ª classe	10	< 2%	10	Construções	10	0 - 1,48	2	30m	10
2ª classe	9	2 - 5%	7	Mancha urbana	7	1,48 - 5,47	5	50m	9
3ª classe	8	5 - 15%	5			5,47 - 10,36	8	100m	6
4ª classe	7	> 15%	1			10,36 - 37,74	10	200m	3
5ª classe	6							500m	1
6ª classe	5								
7ª classe	4								
8ª classe	3								
9ª classe	2								
10ª classe	1								

Fonte: organizado pelos autores.

Cruzamento das informações e análise dos dados

Como etapa de geração do resultado final, utilizando o aplicativo Vista Saga, cruzaram-se todos os planos de informações, com suas respectivas notas

e pesos, resultando, posteriormente, em três mapas de perigo à inundação, originados dos dados das cartas topográficas, e das imagens SRTM e ASTER. Posteriormente, com o aplicativo ArcGIS®, importaram-se os resultados adquiridos no aplicativo Vista Saga, para a realização de uma análise visual com a ajuda do Google Earth.

Discussão dos resultados

Resultado dos mapas de Suscetibilidade

Conforme os pesos atribuídos, o mapa de suscetibilidade é aquele que sintetizou o maior valor, logo, a partir dele, foi gerado o mapa de declividade, assim sendo, o resultado adquirido nessa etapa faz-se de extrema importância para a análise final (mapa de perigo). O resultado do MDE com o uso da carta topográfica, do SRTM e do ASTER estão explicitados na Figura 10.

Após a análise de todos os MDEs verificou-se que os dados oriundos das cartas topográficas foram os que apresentaram as maiores discrepâncias para com a verdade terrestre. Tal registro é ratificado na parte mais ao sul da imagem, onde pode ser constatada a existência de uma grande várzea às margens do rio. A referida análise é destacada no fato em que a carta topográfica não possui nenhuma informação altimétrica (sem curvas de nível) no referido local (Figura 11), logo, houve uma defasagem no MDE gerado, e, por consequência das informações oriundas dessa.

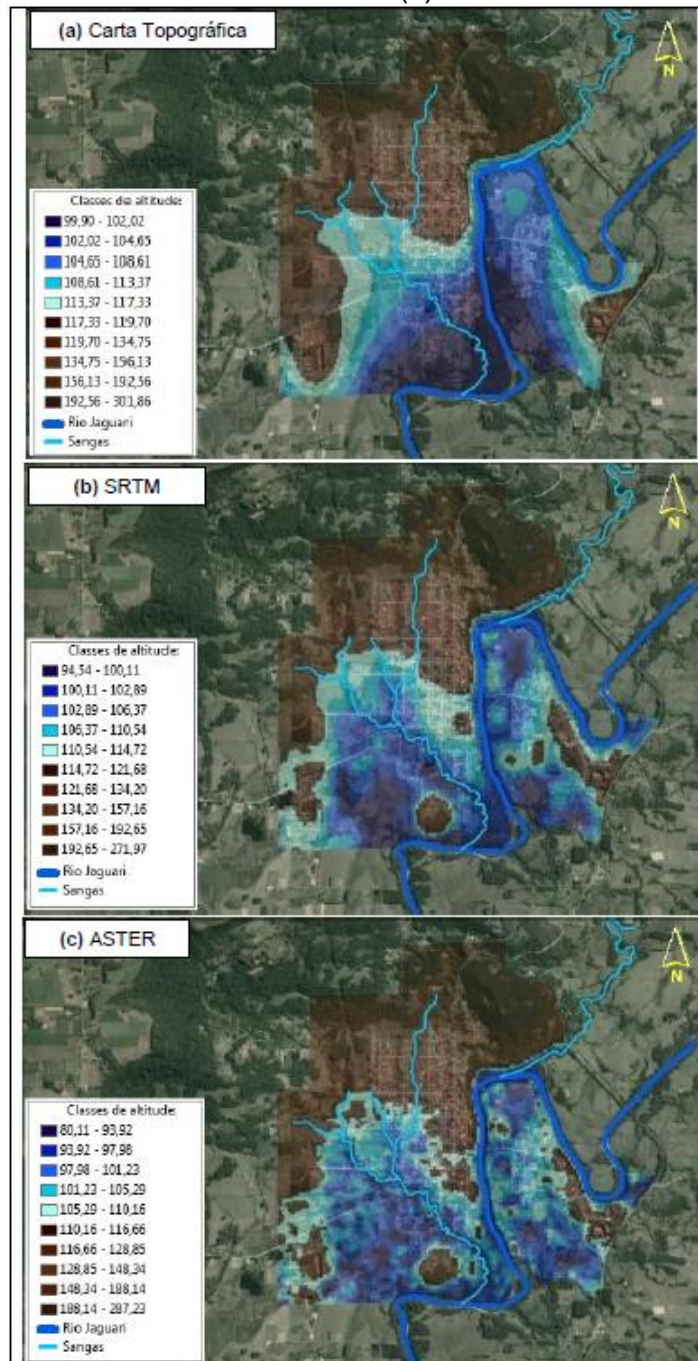
Resultado dos mapas de Suscetibilidade

Conforme as bases de dados altimétricos (MDEs) destacados anteriormente, geraram-se os mapas de declividades, os quais estão destacados na Figura 12 (a) das cartas topográficas, 12 (b) do SRTM e 12 (c) do ASTER.

Outra análise a ser retratada, é na comparação entre a declividade do ASTER para com a do SRTM. Visto que a primeira classe de declividade é bem pequena (< 2%), logo abrange apenas os locais realmente planos, verifica-se que os dados oriundos do ASTER possuíram um efeito “sal-pimenta”, ou seja, uma imagem com aspecto granuloso. Tal informação pode ser destacada visto que o ASTER possui informações altimétricas espaçadas numa grade de 30x30m. Já o SRTM, que possui a grade de informações de 90x90m, apresenta um aspecto mais uniforme da declividade, concentrando, além de tudo, um maior

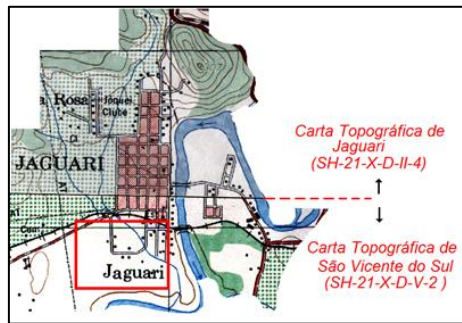
percentual de áreas planas (< 2%) que o ASTER. Tal afirmação é referenciada pelo aspecto visual da imagem, não sendo necessária uma quantificação numérica, pois é insofismável a diferença.

Figura 10 – MDE resultante com o uso da carta topográfica (a), SRTM (b) e ASTER (c).



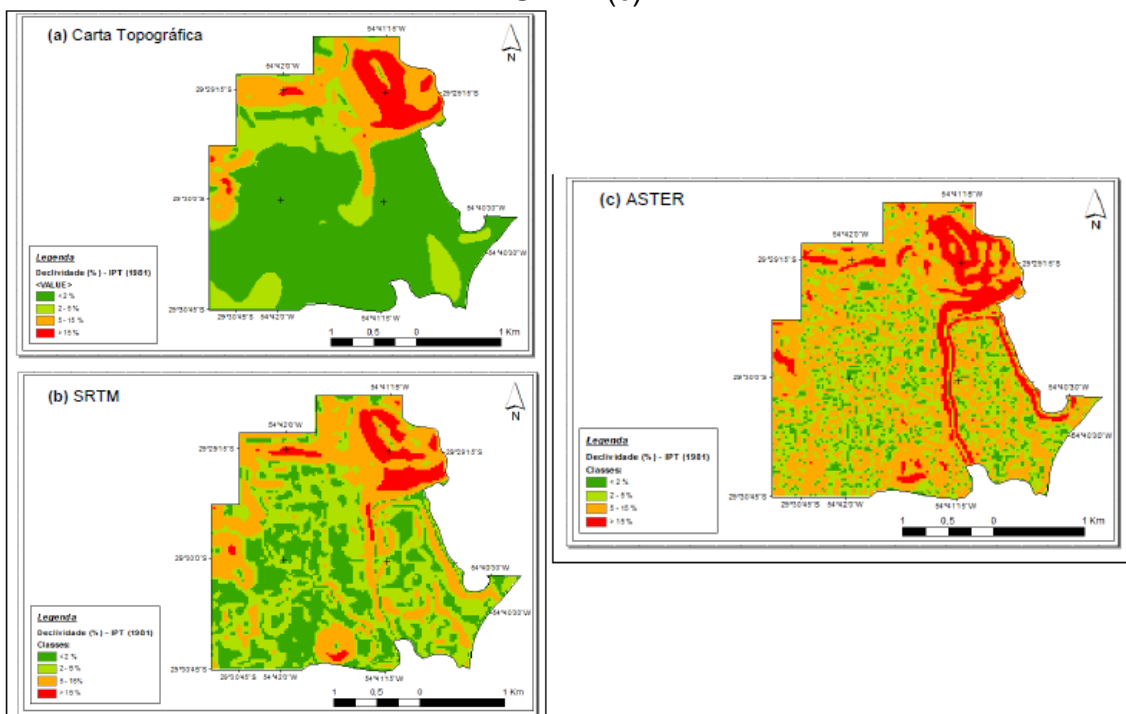
Fonte: organizado pelos autores.

Figura 11 – Retângulo vermelho: local com a ausência de informações altimétricas.



Fonte: organizado pelos autores.

Figura 12 – Mapa de declividade oriundos da carta topográfica (a), SRTM (b) e ASTER (c).



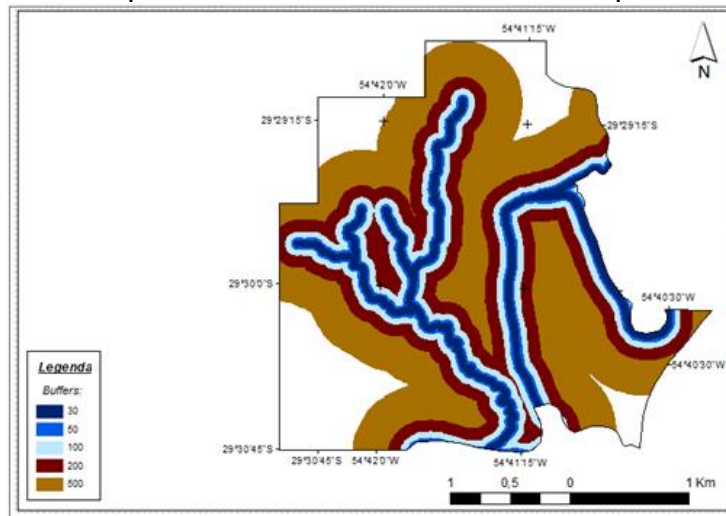
Fonte: organizado pelos autores.

Resultado do mapa de buffer e urbano

O resultado da aplicação dos offsets nas áreas ao redor dos trechos hidrográficos está representado na Figura 13. Assim, foram utilizados os buffers de 30, 50, 100, 200 e 500 metros em relação aos corpos hídricos localizados no município.

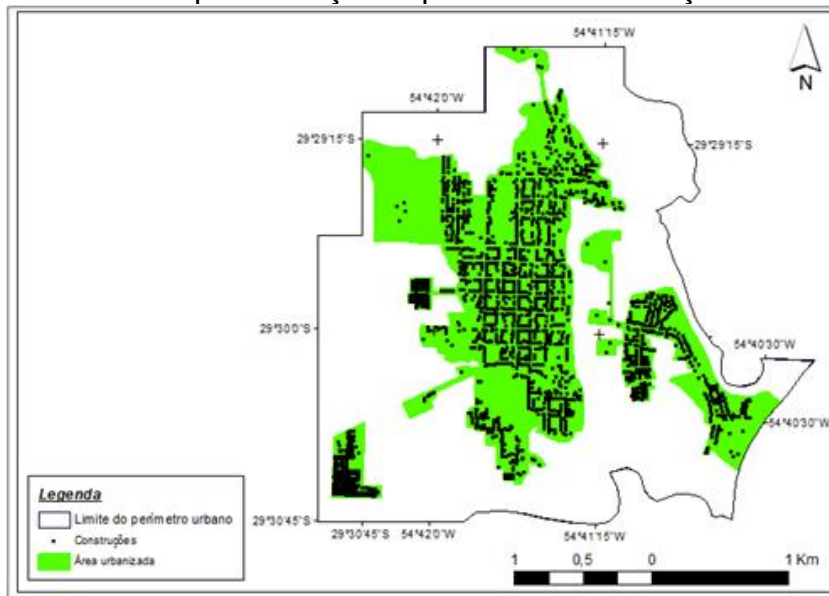
Enfatiza-se, também, que após o intensivo mapeamento das construções que havia no município de Jaguarí, por meio da digitalização manual, pode-se quantificar o número aproximado de residências da área urbana, que totalizou 2418 construções (Figura 14).

Figura 13 – Mapa dos buffers de 30, 50, 100, 200 e 500 metros em relação aos corpos hídricos localizados no município.



Fonte: organizado pelos autores.

Figura 14 – Mapa urbano resultante após o processo de digitalização, exemplificando a disponibilização espacial das construções no município.



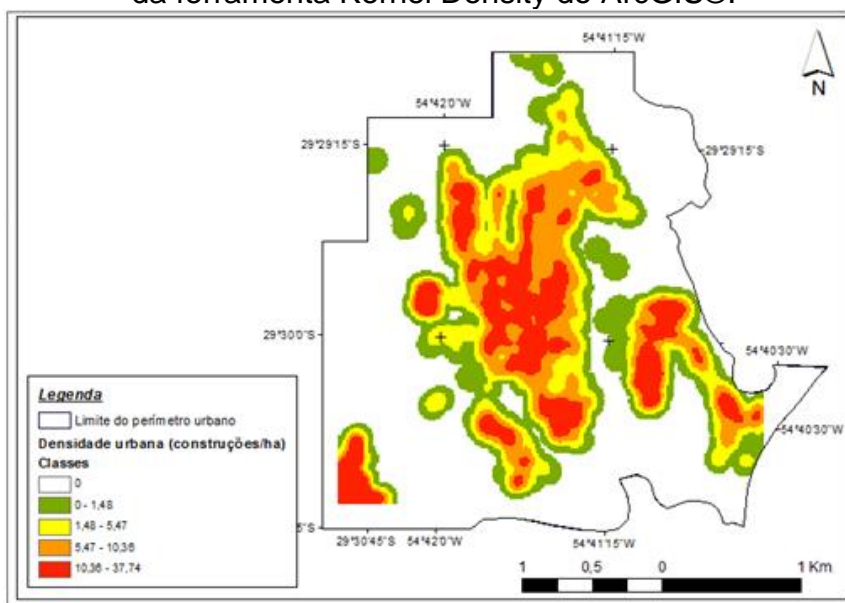
Fonte: organizado pelos autores.

Resultado do mapa de buffer e urbano

Com o uso da ferramenta Kernel Density (do ArcGIS®), houve a geração do mapa de densidade urbana, o qual foi segmentado em quatro classes, subdivididas a partir da aplicação do uso do quartil. O referido mapa (Figura 15) mostra-se de grande importância, pois, dessa forma, identificaram-se as áreas com a maior densidade de construções (população). Na análise visual da

imagem fica visível que há uma uniformidade quanto a concentração da população, com agrupamentos urbanos em centros específicos.

Figura 15 – Resultado no mapeamento da densidade urbana após a utilização da ferramenta Kernel Density do ArcGIS®.



Fonte: organizado pelos autores.

Resultado do Cruzamento das informações: mapa de perigo

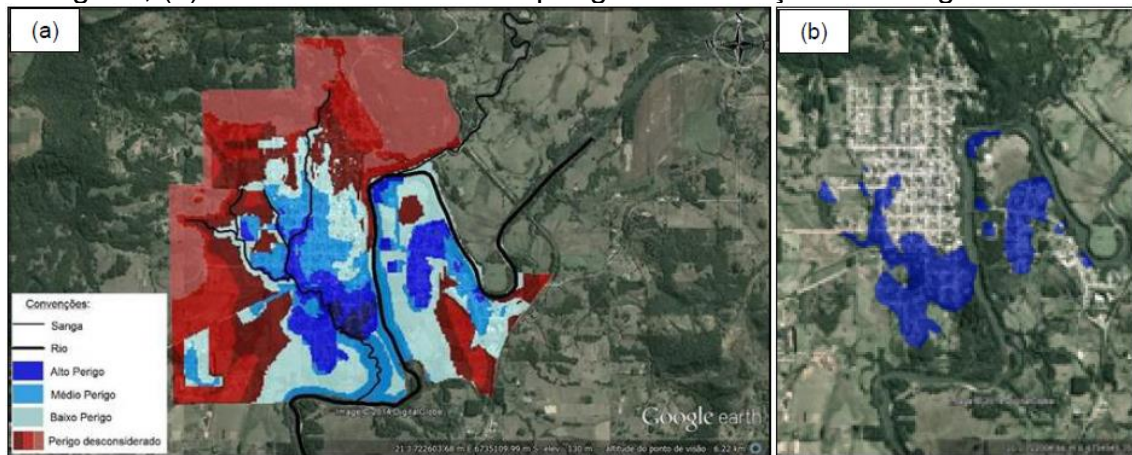
A partir do mapeamento dos distintos mapas e da atribuição dos pesos e das notas, por meio do aplicativo Vista Saga geraram-se os mapas de perigo à inundação do perímetro urbano do município de Jaguari. Deve-se destacar, que a partir dos referidos materiais, haverá um pleno planejamento para realização de um levantamento planialtimétrico e cadastral das feições topográficas e terrestres da área de maior probabilidade de ocorrência de inundações. Assim sendo, as Figuras 16 (origem da carta topográfica), 17 (origem do sensor SRTM) e 18 (origem do ASTER) destacam os mapas de perigo à inundação e a Tabela 1 a quantificação, em hectares, da área da região de alto perigo a inundação.

Tabela 1 – Quantificação das áreas de alto perigo à inundação no município de Jaguari nas três bases de dados utilizados.

	Carta Topográfica	SRTM	ASTER
Área (ha)	82,41	37,39	20,39

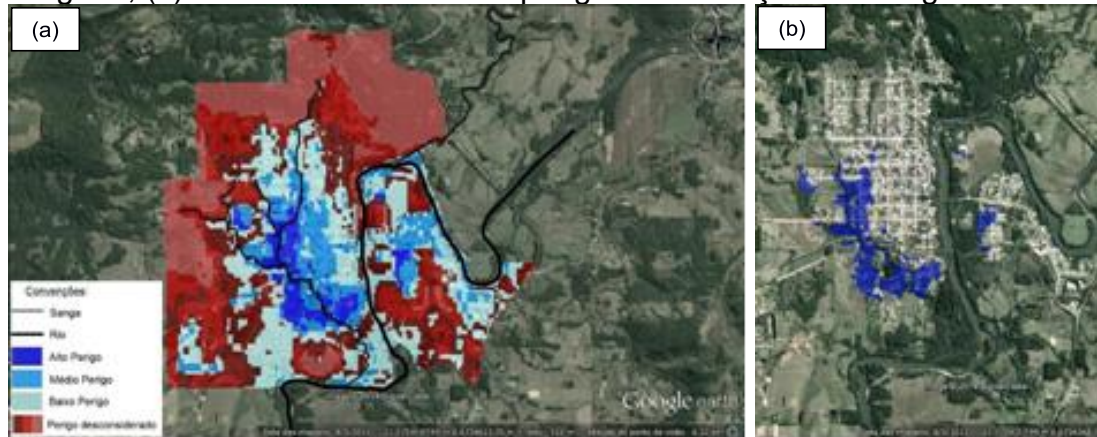
Fonte: organizado pelos autores.

Figura 16 – Mapa de perigo à inundação com uso da carta topográfica: (a) área geral, (b) área detalhada do alto perigo. Visualização no Google Earth.



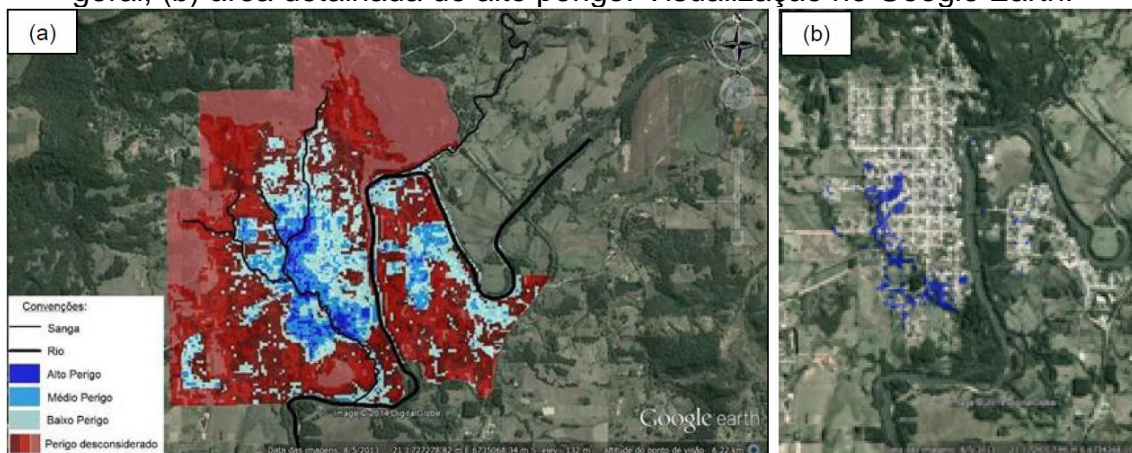
Fonte: organizado pelos autores.

Figura 17 – Mapa de perigo à inundação com uso do MDE do SRTM: (a) área geral, (b) área detalhada do alto perigo. Visualização no Google Earth.



Fonte: organizado pelos autores.

Figura 18 - Mapa de perigo à inundação com uso do MDE do ASTER: (a) área geral, (b) área detalhada do alto perigo. Visualização no Google Earth.



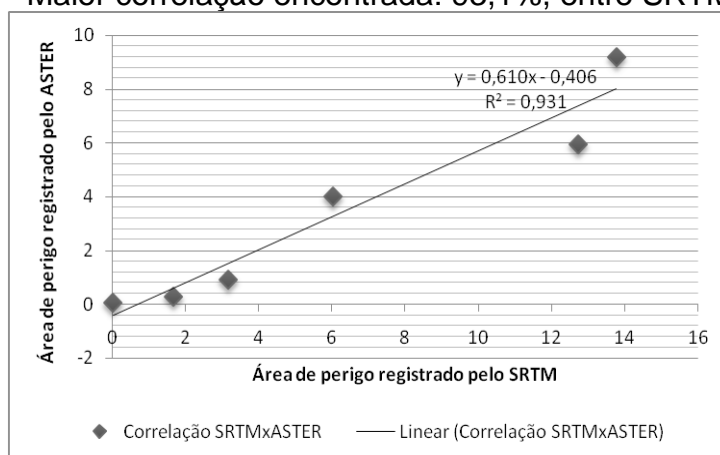
Fonte: organizado pelos autores.

Conforme já destacado, com o uso da carta topográfica, a qual está deficiente de informações altimétricas (Figura 11), foi mensurado uma área bem superior referente ao perigo das outras duas bases de dados.

A fim de mensurar as áreas por bairro, gerou-se a Tabela 2 e 3, a qual identifica de forma minuciosa o perigo à inundação no município.

Para analisar quais das informações possuem as maiores veracidades dos dados, aplicou-se o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (R^2), o qual exemplifica a intensidade de associação linear existente entre duas variáveis (SOUSA, s.d.). Assim, na análise do perigo quantificado por bairro, registrou-se 93,1% (Figura 19) de correlação entre os dados do SRTM e do ASTER, 67,1% entre a carta topográfica e o SRTM e 54,8% entre a carta e o ASTER.

Figura 19 – Maior correlação encontrada: 93,1%, entre SRTM e ASTER.



Fonte: organizado pelos autores

Tabela 2 – Quantificação do alto perigo à inundação por bairro.

<i>Bairros com alto perigo de inundação:</i>	<i>Base de dados: Carta</i>	<i>Base de dados: SRTM</i>	<i>Base de dados: ASTER</i>	<i>Área do bairro (ha)</i>
Centro	17,56	13,76	9,17	130,29
Mauá	13,58	6,03	4,00	13,60
Nossa Senhora Aparecida	1,72	0,02	0,06	1,77
Promorar	1,43	1,67	0,29	4,06
Rivera	23,66	3,17	0,90	57,82
Sagrado Coração de Jesus	24,46	12,74	5,95	31,42
Total	82,41	37,39	20,39	-

Fonte: organizado pelos autores

Tabela 3 – Quantificação do alto perigo à inundação por bairro - análise da porcentagem englobada pela área do bairro.

Bairros:	Base de dados: Carta	Base de dados: SRTM	Base de dados: ASTER
Centro	13%	11%	7%
Mauá	100%	44%	29%
Nossa Senhora Aparecida	97%	1%	4%
Promorar	35%	41%	7%
Rivera	41%	5%	2%
Sagrado Coração de Jesus	78%	41%	19%

Fonte: organizado pelos autores

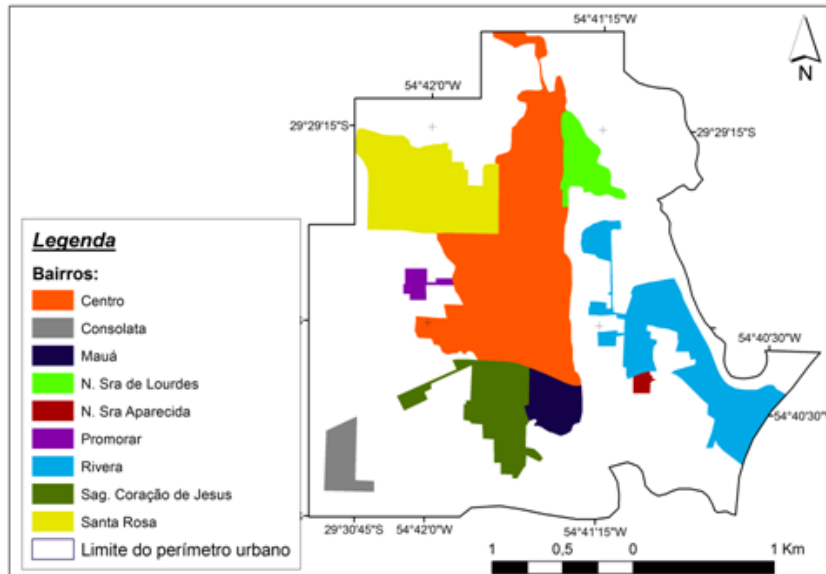
Perante a análise das Tabelas 2 e 3, fica claro que os dados não são uniformes, e há comprometimento quanto aos resultados obtidos, principalmente no que tange as informações da carta topográfica para com as demais. Esse fato fica claro, ao proceder da análise individual para cada bairro, sendo que, as maiores discrepâncias são encontradas nos bairros Mauá e Nossa Senhora Aparecida (a visualização dos bairros pode ser analisada na Figura 20).

Individualizando a análise para o bairro Nossa Senhora Aparecida, a modelagem da carta topográfica totalizou toda a área como alto perigo à inundação, já para o mesmo bairro, a modelagem com os dados do SRTM resultou em 1% da área total e do ASTER 4%. Esse fato pode estar atrelado à generalização cartográfica da carta topográfica.

Nos bairros Mauá e Sagrado Coração de Jesus as divergências também são significativas, porém, devido a localização espacial desses dados, as incoerências podem estar aliadas à falta de informação altimétrica da carta topográfica, conforme já destacado (Figura 11).

Finaliza-se, a análise dos resultados, com a identificação dos bairros que não possuíam área classificada com “alto perigo” à inundação, sendo eles: Santa Rosa, Nossa Senhora de Lourdes e Consolata.

Figura 20 – Mapeamento dos bairros do município de Jaguari.



Fonte: organizado pelos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo foram avaliadas três fontes de dados altimétricos a fim de identificar qual das fontes que geraria a melhor modelagem para estimar o perigo à inundação no município de Jaguari. Dessa forma, com a implementação da metodologia, várias conclusões foram obtidas, algumas positivas e outras negativas.

Quanto ao cenário positivo, salienta-se a aplicação, de forma integral, da metodologia do trabalho. A atribuição de notas e pesos induziu o processo metodológico para um desfecho das áreas com maiores perigos à inundação de forma muito compatível com a realidade geográfica da área de estudo, visto que um dos autores é natural do município, e o mesmo já conviveu com cenários de inundação.

Negativamente é ressaltado a incompatibilidade da modelagem para as três bases de dados, principalmente em relação a carta topográfica. Conforme destacado no decorrer do texto, a falta de informação altimétrica mostrou-se como um problema à modelagem dos dados oriundos dessa fonte de dados.

Tendo em vista a proposta inicial do trabalho, que era de identificar quais das fontes de dados altimétricos modelados seria o mais indicado para cartografar o perigo à inundação no município de Jaguari, optou-se em utilizar a mescla dos dados modelados com o SRTM e com o ASTER. O alto grau de correlação ($R^2 = 0,931$) obtido entre essas fontes mostraram-se incisivas para

definir o perigo à inundação no município e compatíveis para com o objetivo do trabalho.

Os resultados obtidos, de forma geral, foram extremamente importantes, pois, a próxima etapa do referido trabalho, será a realização do levantamento planialtimétrico e cadastral, para posteriormente obter o mapa de vulnerabilidade, e com um novo MDE, realizar o cruzamento das inúmeras informações e obter o mapa de risco à inundação. Alerta-se que o referido levantamento, faz-se necessário ao trabalho, visto que o estudo é para uma área urbana, logo, o adensamento de informações altimétricas, faz-se de extrema importância para uma representação fidedigna com a da realidade.

Por fim, destaca-se que para o posterior mapeamento, será atribuída uma maior ênfase nos bairros denominados: Centro, Mauá, Nossa Senhora Aparecida, Promorar, Rivera e Sagrado Coração de Jesus, os quais registraram alerta de alto perigo à inundação com a metodologia aqui implantada.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

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 17 fev.14.

Cartografia no Rio Grande do Sul. Secretaria do Planejamento e Gestão, Departamento de Planejamento Governamental/DEPLAN, Florianópolis – **I Reunião Plenária Fórum Regional Sul – CONCAR**. Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/PaginaForum/Forum_Sul/Apresentacoes/RIO%20GRANDE%20DO%20SUL_CONCAR.pdf>. Acesso em 23 fev.2014.

COLOMBO, A; JUNQUEIRA, A. ANTUNES, M; PINHEIRO, T. **Influência do tempo de inundação e do tamanho da árvore na emergência foliar de indivíduos de Pseudobombax munguba (Malvaceae) em uma área de várzea da Amazônia Central**. Disponível em: <<http://pdbff.inpa.gov.br/cursos/efa/livro/2006/pdfs/vapo3g5.pdf>>. Acesso em 17 fev.14.

Correio do Povo. **Cerca de 30 famílias seguem desabrigadas em Jaguari**. Postado dia 21 de janeiro de 2010 às 8:56h. Disponível em:

<<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=88280>>. Acesso em 17 fev.14.

CUTTER, S. L.; PRESS, J. H. **American Hazardscapes - The Regionalization of Hazards and Disasters**. ISBN 0-309-07443-6. Copyright 2001 by the National Academy of Sciences. Printed in the United States of America. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/livros/Cutter_2001_American_hazardscapes.pdf>. Acesso em 25 set. 2013.

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto - UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_RafaelEckhardt.pdf>. Acesso em 15 ago. 2013.

FAMURS. **História do Município - Jaguari – RS**. Portal municipal. Disponível em: <<http://www.portalmunicipal.org.br/entidades/famurs/municipio/historia.asp?ildEnt=5523&ildMun=100143208>>. Acesso em 17 fev.14.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; VIEIRA, V. de P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M. de F.; MIRANDA, S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental. Fortaleza/CE**, Embrapa, 2010, ISSN 1677-1915, 47 p.. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Dc_127.pdf>. Acesso em 24 ago.2013.

GUIMARÃES, P. R. B. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. IESDE Brasil S.A., 1.^a edição, 2007, 245 p. IBGE. Cidades Rio Grande do Sul – Jaguari – Censo Demográfico 2010 – Sinopse. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=431110&idtema=1&search=rio-grande-do-sul|jaguari|censo-demografico-2010:-sinopse->>>. Acesso em 24 nov.2013.

IBGE. **Cidades Rio Grande do Sul - Jaguari**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=431110>>. Acesso em 24 nov.2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Escala 1:500.000, v. 2, 1981. 130 p.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 1.825 de 22 de agosto de 1989**. Denominação do Bairro Santa Rosa.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 1.826 de 22 de agosto de 1989**. Denominação do Bairro Rivera.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 1.831 de 21 de setembro de 1989**. Denominação do Bairro Nossa Senhora de Lourdes.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 1.836 de 31 de outubro de 1989.** Definição do Perímetro Urbano de Jaguari/RS.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 2.075 de 10 de dezembro de 1996.** Denominação do Bairro Consolata.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 2.076 de 10 de dezembro de 1996.** Denominação do Bairro Promorar.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 2.153 de 16 de novembro de 1998.** Denominação do Bairro Nossa Senhora Aparecida.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 2.196 de 23 de dezembro de 1999.** Denominação do Bairro Sagrado Coração de Jesus.

JAGUARI. **Prefeitura Municipal de Jaguari. Lei municipal nº 2.515 de 14 de abril de 2005.** Denominação do Bairro Mauá.

JHA, A. K; LAMOND, R. B. J. **Cidades e Inundações - Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI - Um Resumo para os Formuladores de Políticas.** THE WORLD BANK - Editoração: Joaquin Toro e Frederico Ferreira Pedroso Banco Mundial / Escritório de Brasília - 2012. Disponível em: <http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/Portuguese_Cities_and_Flooding_Summary_Policy_Makers.pdf>. Acesso em 15 ago. 2013.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; AGRIZZI, D. V.; SANTOS, A. R. dos. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, novembro 2011. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/5288>>. Acesso em 16 fev.2014.

MAGNANELLI, N. P. **Perigo x Risco.** 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.

NEMITZ, R. **Diário de Santa Maria noticia a enchente em Jaguari.** Postado dia 4 de outubro de 2012 às 13:34h. Disponível em: <<http://www.rafaelnemitz.com/2012/10/diario-de-santa-maria-noticia-enchente.html>>. Acesso em 17 fev.14.

OLIVEIRA, G. G. de; GUASSELLI, L. A. Relação entre a Suscetibilidade a Inundações e a Falta de Capacidade nos Conduitos da Sub-bacia do Arroio da Areia, em Porto Alegre/RS. RBRH — **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 16 n.1 Jan/Mar 2011, 05-15. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/8753f3a854aff089d553dc3f0d6dda_b6_4705edcea4834fb460aa844414ab6135.pdf>. Acesso em 16 fev.2014.

PRINA, B. Z.; MIOLA, A. C. Mapa temático turístico urbano das belezas naturais do município de Jaguari, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15.(SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3796-3804. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A49AAS>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

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 de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, 2007 - Volume I e II.

ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R (org.). **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul.** ISBN:978.85.7391-197-8, 376p. Editora UFSM. Santa Maria, 2013.

SADECK – **Geotecnologias. Dados SRTM (banda X) com 30 m de resolução espacial disponíveis para o Brasil.** Disponível em: <<http://geotecnologias.wordpress.com/2013/08/06/dados-srtm-banda-x-com-30-m-de-resolucao-espacial-disponiveis-para-o-brasil/>>. Acesso em 23 fev.2014.

SANTOS, K. R. dos. Inundações urbanas: um passeio pela literatura. **Rev. Geo. UEG** - Goiânia, v.1, n.1, p.177-190, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.prp.ueg.br/revista/index.php/elisee/article/view/585/329>>. Acesso em 05 out. 2013.

SANTOS, R. F. dos (org). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/livros/Vulnerabilidade_ambiental_desastres_naturais_ou_fenomenos_induzidos_MMA_2007.pdf>. Acesso em 25 ago. 2013.

Sistema FAEP. **Novo Código Florestal Brasileiro.** Disponível em: <<https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/comunicacao/novo-codigo-florestal-principais-mudancas.pdf>>. Acesso em 16 fev.2014.

SOUSA, A. **Coefficiente de Correlação Linear de Pearson.** Disponível em: <http://www.aurea.uac.pt/pdf_MBA/coef_correl_Pearson.pdf>. Acesso em 22 fev.2014.

SOUZA, G. M. de; MATRICARDI, E. A. T. Análise comparativa dos modelos de elevação SRTM, ASTER GDEM e TOPODATA para estimar o fator topográfico (LS) da USLE. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0253.pdf>>. Acesso em 17 fev.14.

TRENTIN, R. ROBAINA, L. E. de S. Análise do relevo no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Itu, RS. **Interface Porto Nacional/TO**, v. 2, n. 2. p. 146-155, maio 2005. Disponível em: <<http://revista.uft.edu.br/index.php/interface/article/view/339/236> >. Acesso em 16 fev.2014.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.) **Inundações Urbanas da 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 25 ago. 2013.

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS DE ORIGEM METEOROLÓGICA E CLIMATOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE ERECHIM (RS), NO PERÍODO DE 1986 A 2011

Vanessa Aline Peretti; Andrea Valli Nummer; Cássio Arthur Wollmann

<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/45833/32946>.

Resumo: A presente pesquisa baseia-se no levantamento dos desastres naturais de origem meteorológica e climatológica que aconteceram no município de Erechim/RS entre os anos de 1986 a 2011. O levantamento bibliográfico consistiu na primeira etapa deste trabalho. Após, foi realizado o levantamento dos dados por meio de consulta aos arquivos da Defesa Civil do município, que compreenderam os decretos de Situação de Emergência e de Calamidade Pública o acervo de registros do Corpo de Bombeiros do município e os jornais de circulação local, bem como os trabalhos de Reckziegel (2007). Utilizaram-se softwares para elaboração de mapas, bem como trabalho de campo, que foi indispensável para avaliar se os locais mais afetados. Os desastres de ordem meteorológica, como os vendavais e vendavais acompanhados de granizo foram os eventos atmosféricos extremos de maior relevância catalogados para esta pesquisa, observou-se sazonalidade durante a primavera, que concentrou 48,4% dos desastres. Os bairros de Erechim mais afetados por estes eventos foram o Centro e os bairros Progresso e Petit Village, que pela natureza do sítio geográfico e seus condicionantes (topografia e orientação das ruas) concentraram os ventos nestas partes da cidade, levando a ocorrência de algum dano, humano ou físico.

Palavras-chave: Desastres naturais; Climatologia; Erechim; Rio Grande do Sul.

ANALYSIS OF SPACE-TIME NATURAL DISASTERS WITH METEOROLOGICAL AND CLIMATOLOGICAL ORIGIN IN ERECHIM (RS), FROM 1986 TO 2011

Abstract: This article concerns in research meteorological and climatological natural disasters that happened in the municipality of Erechim/RS between the years 1986- 2011. The bibliographic research was the first stage of this work. After the collection of data by consulting the archives of the county Civil Defense, that issued the decrees of Emergency and Public Calamity, the collection of records of the Fire Department of the municipality and the local newspaper circulation was performed, as well as the papers of Reckziegel (2007). Software for mapping and field work were used, and it was essential to assess the situation locus of affected sites. Seasonality of meteorological disasters order, gales and gales accompanied by hail were the extreme weather events of greater relevance cataloged for this research, it was observed during the spring, which concentrated 48.4 % of disasters. The neighborhoods in Erechim more focused problems were arising Centro and Progresso neighborhoods and Petit Village, which by the nature of their geographical location and conditions (topography and orientation of streets) concentrated the winds in these parts of the city, leading to the occurrence of any damage human or physical.

Keywords: Natural Disasters; Climatology; Erechim; Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

As relações espaciais da cidade com as áreas naturais são paulatinamente interdependentes e vem criando um ambiente de discussão sobre formas e estratégias para conter o processo histórico de perda de biodiversidade e de recursos naturais. Não há motivos para que os fenômenos que regem os ambientes naturais da superfície terrestre obedeçam às leis ou pensamentos do homem. Esses fenômenos seguem leis naturais físicas e as

consequências indesejáveis da ação humana podem ser destruidoras, tanto para a natureza, tanto para o homem, como ocorre com frequência (SAUSEN, 2008).

Os Desastres Naturais constituem um tema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, independentemente destas residirem ou não em áreas de risco. Ainda que em um primeiro momento o termo leve a associá-lo com terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, os Desastres Naturais contemplam, também, processos e fenômenos com consequências em áreas menores, como os desastres causados pelos temporais nas áreas urbanas, que provocam diversos problemas ao cotidiano à população (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Estudos que identifiquem as áreas mais suscetíveis a estes desastres e suas prováveis causas são de fundamental importância para previsão de acidentes, além de auxiliar na definição de prioridades e tomadas de decisões ligadas a trabalhos de prevenção de desastres e de direcionamento de recursos para os locais mais afetados.

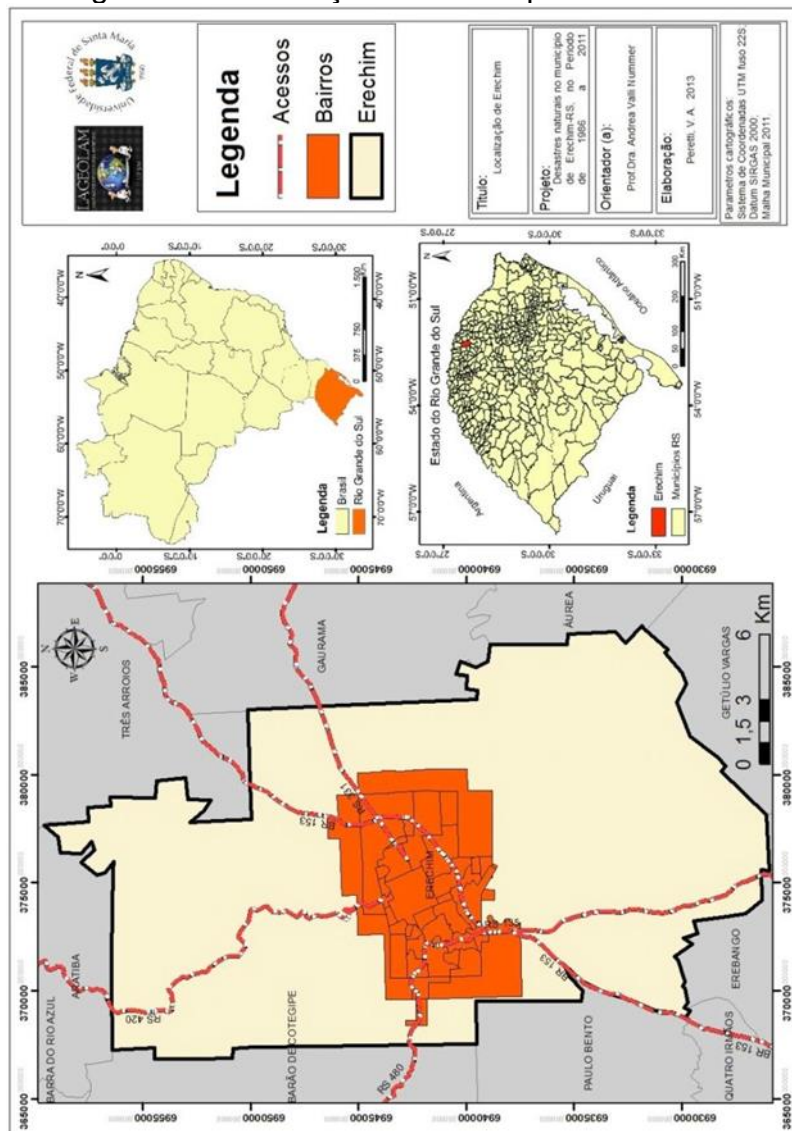
A Região Sul do Brasil tem sido severamente impactada por desastres naturais, principalmente a partir da década de 70, que resultaram em grandes prejuízos econômicos, assim como num elevado número de vítimas fatais. A maioria dos desastres está associada às instabilidades severas que causam entre outros, inundações, escorregamentos, vendavais, tornados e os períodos de déficit hídrico caracterizados pelas estiagens (SAUSEN, 2008). O mesmo pode ser colocado para o Estado do Rio Grande do Sul, e para o município de Erechim, conforme mostraram os levantamentos de Reckziegel (2007).

Dando ênfase ao município de Erechim, que se localiza próximo ao Rio Uruguai, na porção norte do estado do Rio Grande do Sul, na região do Alto Uruguai, e possui uma altitude média de 783 metros (Figura 1), este município possui, de acordo com o censo do IBGE de 2010, 96.087 habitantes em uma área de 430,7 km². Destaca-se pelo setor comercial bastante diversificado considerado como pólo econômico do Alto Uruguai.

A zona urbana de Erechim encontra-se em uma região composta por uma sucessão de derrames vulcânicos superpostos que compõem a Formação Serra Geral (CPRM, 2008 Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), sobre as rochas sedimentares da Formação Botucatu.

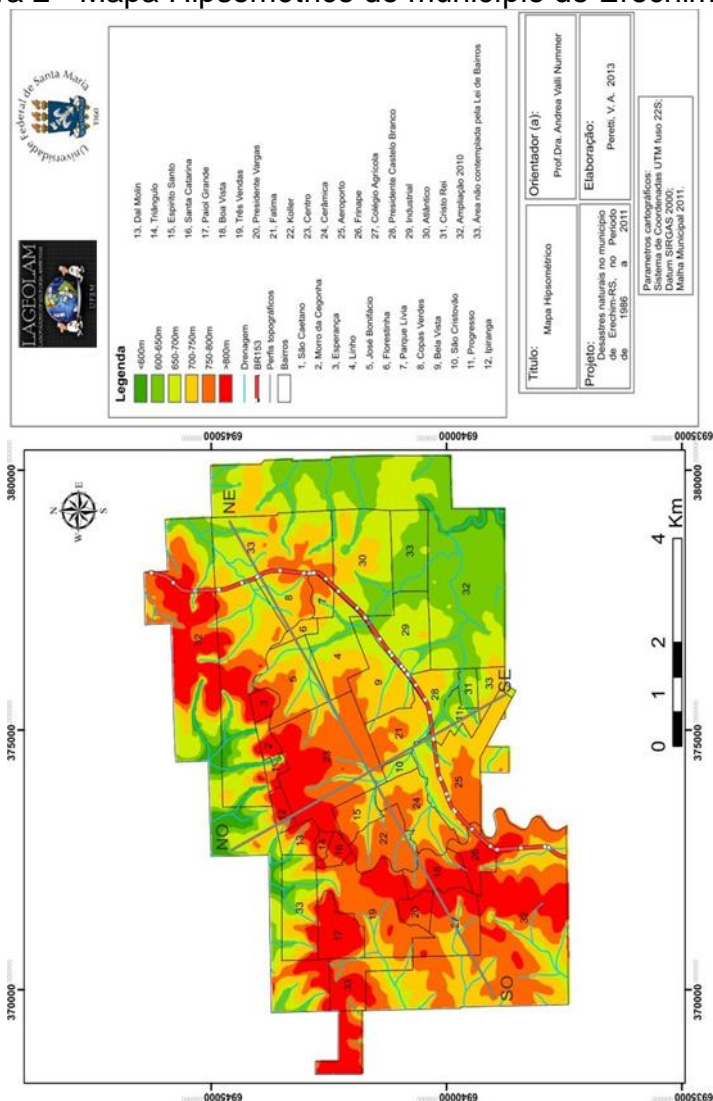
Nas porções de encosta, cobrindo os derrames vulcânicos ocorrem depósitos superficiais de colúvio e tálus, principalmente associados às rochas básicas como os basaltos. As principais direções de fraturas são Noroeste-Sudeste, condicionando principalmente as drenagens de segunda e terceira ordens e nordeste-sudoeste onde predominam as de primeira e segunda ordens.

Figura 1 - Localização do município de Erechim.



O mapa hipsométrico da (Figura 02) e o de declividade (Figura 03) mostram que na área urbana as cotas mais baixas são menores que 600m e as mais elevadas superam os 800m com uma amplitude média de 200m. As declividades das áreas mais altas e mais baixas variam de menores que 2% até 5% configurando assim relevos mais planos.

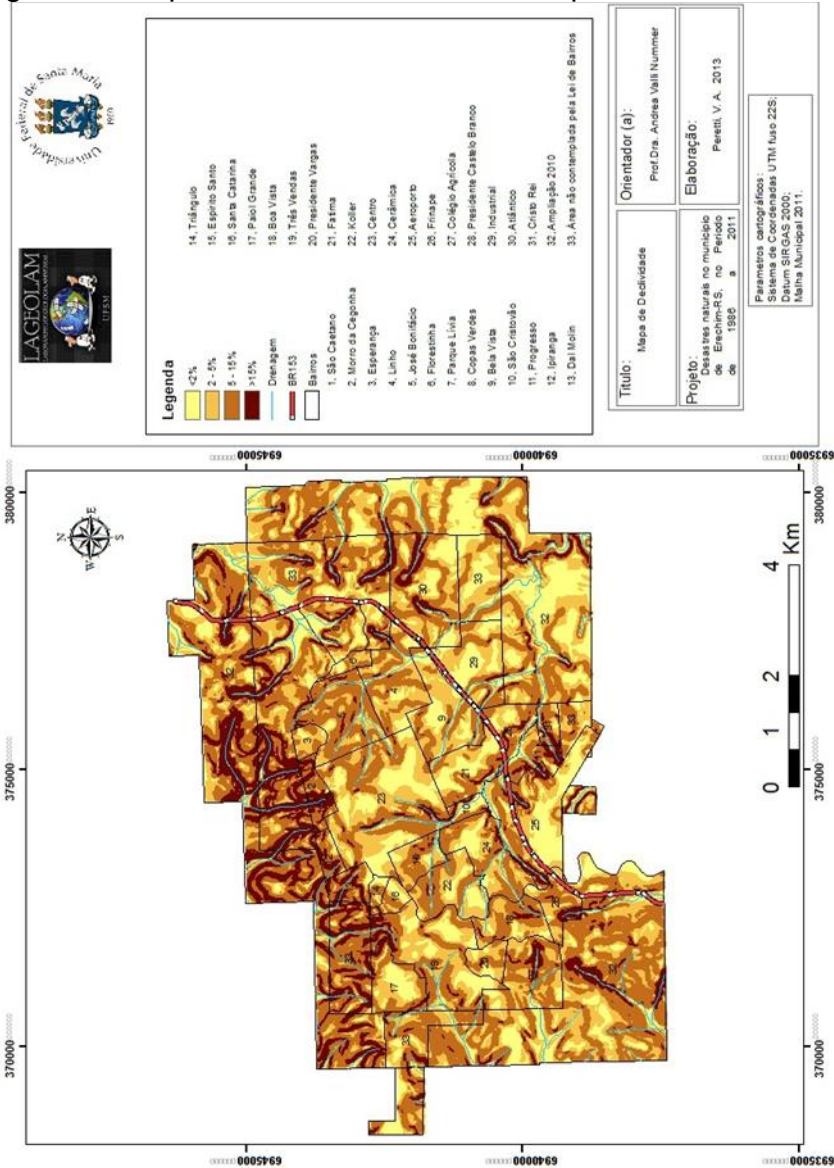
Figura 2 - Mapa Hipsométrico do município de Erechim, RS.



Org.: PERETTI; NUMMER; WOLLMANN.

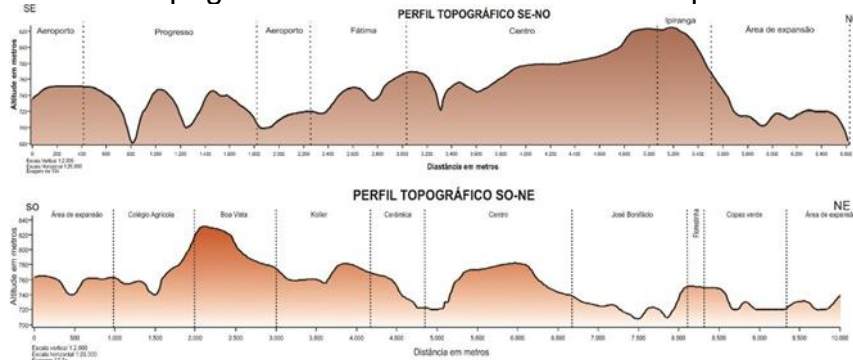
As porções mais elevadas estão associadas aos derrames vulcânicos e concentram-se numa faixa de direção Sudoeste – Nordeste, formando um patamar que coincide com a direção principal de fraturas da região. As cotas mais baixas localizam-se junto aos cursos d'água a sudeste e noroeste junto às planícies colúvio-aluviais. As cotas intermediárias (entre 700 e 750m) referem-se porção de frente de dissecação que circunda as partes mais elevadas tanto para sudeste quanto para noroeste e apresentam uma declividade mais acentuada podendo atingir mais de 30% junto aos vales entalhados pela drenagem. As direções dos perfis, NO-SE e NE-SO, estão representadas no mapa hipsométrico (Figura 2) e seu resultado na Figura 4.

Figura 3 - Mapa de Declividade do município de Erechim, RS.



Org.: PERETTI; NUMMER; WOLLMANN.

Figura 4 - Perfis Topográficos da área urbana do município de Erechim, RS.



Org.: PERETTI; NUMMER; WOLLMANN.

Observando os perfis SE-NO e SO-NE vê-se que a cidade está disposta em um relevo em patamares relacionados aos derrames vulcânicos e as direções de fraturas que facilitam o processo de dissecção. O relevo configura por morros com topos preferencialmente planos e declives acentuadas relacionado a presença de vales e interflúvios.

Da Classificação dos Desastres Naturais, e os de Origem Meteorológica e Climatológica

Os desastres naturais comumente são classificados quanto à sua origem e intensidade. Com relação à origem, os desastres são classificados por Castro (1998) em: naturais, humanos e mistos. Desastres Naturais são aqueles provocados por fenômenos da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana, como é o caso dos desastres atmosféricos, geomorfológicos, etc. Os Desastres Humanos são aqueles provocados por ações ou omissões humanas, relacionando-se com o próprio homem enquanto agente, sendo normalmente consequência de ações desajustadas geradoras de desequilíbrios socioeconômicos de profundas alterações de ambiente natural, como é o caso dos desastres tecnológicos. Os Desastres Mistos ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais.

Embora o conceito de desastre e risco seja diferente, suas classificações estão relacionadas à natureza e tipo de evento que os originaram. Como exemplo pode ser citada a proposta de classificação de risco de Augusto Filho (1992), baseada no evento que lhe deu origem: riscos atmosféricos, quando relacionados aos processos originados de agentes atuantes na atmosfera e geológicos, quando associados a processos originados na astenosfera e hidrosfera. Os riscos geológicos são ainda divididos em endógenos e exógenos, dependendo da dinâmica a que estão relacionados, se interna ou externa, conforme Tabela 01.

A classificação de Cerri (1993) chama a atenção por apresentar os riscos sociais (assaltos, guerras, sequestros, atentados, etc.) como uma subdivisão dos riscos ambientais. Também aborda a concepção de riscos tecnológicos, decorrentes de acidentes ligados diretamente à ação do homem, como é o caso do uso de pesticidas, vazamentos de produtos tóxicos, queda de aviões, colisão

de veículos, etc. Já a proposta de sistematização dos riscos apresentada por Oliveira (2004) destaca-se por apresentar uma associação entre os fatores sociais e ambientais para a existência do risco, visto que o homem é um o agente primordial no seu desencadeamento.

Tabela 1 - Classificação dos riscos de acordo com a origem e o processo desencadeador

Classificação	Processos
Atmosféricos	Tufões
	Ciclones
	Tempestades
	Secas
Geológicos	Terremotos
	Endógenos
	Vulcanismos
	Tsunamis
	Exógenos
	Escorregamentos
	Enchentes
	Erosão
Subsidência	
Solos expansivos	

Fonte: Augusto Filho (1992).

O Diário Oficial da União, de 30 de agosto de 2012, publicou uma adequação da classificação de desastres a ser utilizada no Brasil tomando como base a utilizada pela ONU, pois adequar a classificação brasileira representa o acompanhamento da evolução internacional na classificação de desastres e o nivelamento do país aos demais organismos de gestão de desastres do mundo. Além disso, a classificação adotada pela ONU é a mais simplificada do que a Codificação dos Desastres (CODAR).

Este trabalho se utilizou desta classificação para apresentar os eventos levantados e que ocorreram no município de Erechim no período proposto, sendo de ordem meteorológica os vendavais e os vendavais acompanhados de granizo; e os de ordem climatológica, as secas e as estiagens.

As tempestades com vendaval acompanhadas de granizo de maior magnitude ocorrem em regiões continentais de clima quente, especialmente na Índia e na África do Sul. No Brasil, as regiões mais atingidas por granizo são a Sul, Sudeste e parte meridional da região Centro-Oeste, especialmente nas

áreas de planalto, de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (BRASIL, 2007).

De acordo com Castro (2003), granizo é uma precipitação de grânulos de gelo, transparentes ou translúcidos, de forma esférica ou regular, raramente cônica, de diâmetro igual ou inferior a 05 mm. É formado nas nuvens do tipo cumulonimbus, as quais se desenvolvem verticalmente, podendo atingir alturas até 15– 20 km. Em seu interior ocorrem intensas correntes ascendentes e descendentes.

Os meteorologistas designam as pedras de gelo com diâmetros superiores a 05 mm de saraiva. As saraivas são constituídas por várias camadas de gelo que podem ser alternativamente claras e opacas, em forma de casca de cebola, agrupadas em torno de um núcleo central. Este núcleo pode ser constituído por um grão de gelo, por ar comprimido, por poeira ou por pólen ou sementes (CASTRO, 1998). Ao caírem por seu próprio peso, absorvem mais umidade nas camadas inferiores, até que, novamente, são arrastadas para altitudes mais elevadas, onde sofrem novo congelamento. Quando o granizo choca-se com o solo, o núcleo de gelo gera uma pressão interna mais intensa e provoca pequenas detonações. O processo se repete até que o peso do gelo ultrapasse a força ascensional, provocando a precipitação.

O granizo causa grandes prejuízos à agricultura; dentre os danos materiais provocados pela saraiva, os mais importantes correspondem à destruição de telhados quando construídos com telhas de amianto ou de barro.

Os vendavais ou tempestades são marcantes na circulação da atmosfera. De acordo com o Ministério de Integração Nacional (BRASIL, 2007), os vendavais são originados pelo deslocamento violento de uma massa de ar, de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão. Normalmente, acompanhados de precipitação hídricas intensas e concentradas, que caracterizam as tempestades. Além das chuvas intensas, os vendavais podem ser acompanhados por queda de granizo ou de neve, quando são chamados de nevascas. As tempestades relacionadas com a formação de cumulonimbus são normalmente acompanhadas de grande quantidade de raios e trovões (BRASIL, 2007).

De acordo com Castro (2003, p.55) “as estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da

ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada”, ocorrendo uma queda dos totais pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos normais. Quando comparadas com as secas, as estiagens caracterizam-se por serem menos intensas e por ocorrerem durante períodos de tempo menores.

Neste contexto, o autor afirma que uma estiagem ocorre quando o início da temporada chuvosa atrasa por um prazo superior a quinze dias ou quando as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, na região considerada.

A intensidade dos danos provocados pelas estiagens é proporcional à magnitude do evento adverso e ao grau de vulnerabilidade da economia local do evento. Existe diferença conceitual entre seca e estiagem abordada em inúmeros autores, aos quais, Conti (2008) faz referência à abordagem dada por Colville (1987) que trata a seca recíproca de uma região quando a precipitação anual for inferior a 60% da normal, durante mais de dois anos consecutivos, em mais de 50% de sua superfície. Pressupõe, ainda, que os ecossistemas e os sistemas econômicos podem resistir a uma diminuição da precipitação em 40%, durante um ano, mas serão afetados, seriamente, quando o fenômeno se repetir durante dois anos em sequência. Estiagem é o fenômeno que ocorre num determinado intervalo de tempo, ou seja, a estiagem não é permanente e às vezes não tão severa quanto à seca do ponto de vista do ressecamento da atmosfera e do solo, contrariamente à seca, que é por vezes mais severa e de caráter permanente (CARVALHO, 1988).

Ainda, Castro (2003) destaca também que a seca é um fenômeno social, caracterizando-se como uma crise de agravamento de uma situação endêmica de pauperismo e estagnação econômica, sob o impacto do fenômeno meteorológico adverso. Para que se configure o desastre, é necessário que o fenômeno adverso, caracterizado pela ruptura do metabolismo hidrológico, atue sobre um sistema ecológico, econômico, social e cultural, vulnerável à redução das precipitações pluviométricas.

Segundo a classificação de Köppen (apud MORENO, 1961), a área de estudo enquadra-se no tipo climático Cfa, denominado subtropical, que corresponde às regiões onde as temperaturas médias do mês mais quente (janeiro) são superiores a 22°C, podendo atingir até 36°C e, no mês mais frio

(julho), a temperatura oscila de -3°C a 18°C e se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano.

A variedade “Cfa” se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C , e a do mês mais frio superior a 3°C . A variedade “Cfb” também apresenta chuvas durante todos os meses do ano, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C . A precipitação média anual em Erechim é de 1.802 mm e a precipitação média mensal varia entre 125mm (março) e 195mm (outubro).

Sartori (2003) afirma que de acordo com sua posição latitudinal em relação aos avanços das Massas Polares e a ampliação eventual da área de domínio das massas tropicais, o ritmo de evolução dos estados atmosféricos no território sul-rio-grandense resulta no mecanismo de sucessão dos tipos de tempo, que se manifesta através de ciclos com fases bem características e de durações variáveis, bem como a autora salienta que o Estado encontra-se em uma zona climática de transição e a isto se deve o fato das principais características climáticas refletirem a participação de Sistemas Extratropicais (massas e frentes polares) e Sistemas Intertropicais (massas tropicais e correntes perturbadas delas decorrentes).

A posição subtropical faz com que o Rio Grande do Sul seja área de confronto entre forças opostas, provocado pelo avanço dos sistemas atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha) ou aos sistemas de origem tropical (Ta e Tc), proporcionando distribuição de chuvas durante todo o ano, derivadas das sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca (SARTORI, 2003).

Ao se trabalhar com determinado recorte espacial, um dos principais elementos climáticos a serem analisados são os ventos, justamente por serem fortemente associados a prejuízos socioeconômicos e materiais do espaço geográfico (WOLLMANN, 2011).

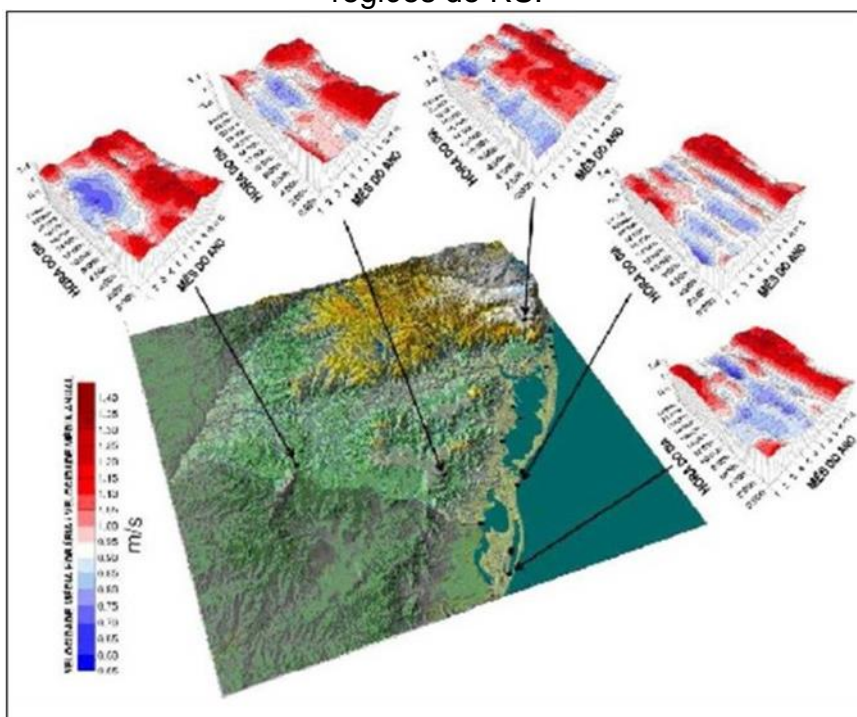
Sobre o estudo e direção da velocidade dos ventos, a Figura 05 mostra de forma geral a dinâmica sazonal e diária dos ventos no Estado.

De acordo com a figura 05, na Campanha e Serras do centro e oeste do Estado, as velocidades do vento se intensificam durante o período noturno, amenizando-se durante a manhã, especialmente no verão e no outono. Nas

serras do Planalto da Bacia do Paraná os ventos tendem a ser mais fracos durante os meses de verão e no início da noite (WOLLMANN, 2011).

O regime anual de ventos na área de estudo apresenta variação ligada aos anticiclones (Anticiclone Subtropical Atlântico e Anticiclone Migratório Polar) e suas respectivas massas de ar em sua constante dinâmica. Conforme relata a SEMC (2002, p. 12 apud WOLLMANN, 2011), “No escoamento atmosférico sobre o RS prevalecem efeitos ditados pela dinâmica entre o anticiclone subtropical Atlântico, os intermitentes deslocamentos de massas polares e depressão barométrica do nordeste da Argentina”.

Figura 5 - Variações diurnas e mensais da velocidade dos ventos em diversas regiões do RS.



Fonte: Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (SEMC, 2002).

Do Objetivo da Pesquisa

Considerando a importância do município para a região do Alto Uruguai no estado e os registros de desastres naturais de origem meteorológica e climatológica que ocorreram na região, o presente trabalho teve por objetivo geral elaborar um inventário dos desastres naturais de origem meteorológica e climatológica que ocorreram no município de Erechim/RS no período de 1986 a 2011, com ênfase na sua área urbana pelo fato de concentrar a maioria da população, atualizando e detalhando as informações já existentes com base em

informações obtidas junto à Defesa Civil do município e nos jornais de circulação local.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O levantamento bibliográfico consistiu na primeira etapa deste trabalho e teve como objetivo a busca de informações sobre desastres naturais e as áreas de risco, clima do Rio Grande do Sul e de Erechim, além de informações básicas sobre o espaço geográfico do município.

Para estabelecer o referencial teórico em que se apoiou a presente pesquisa, realizou-se uma revisão sobre o tema em literaturas especializadas, com o objetivo de aprofundar o desenvolvimento teórico e metodológico do trabalho. Para tanto, buscaram-se informações sobre os principais conceitos relacionados ao tema, como desastre, risco e dano, e sobre as classificações mais amplamente utilizadas.

Neste estudo, tendo como base os levantamentos de Reckziegel (2007), procurou-se detalhar estas informações para o município de Erechim no período de 1986 a 2011, utilizando as seguintes fontes de consulta: os arquivos da Defesa Civil do município, que compreendem os decretos de Situação de Emergência e de Calamidade Pública, o acervo de registros do Corpo de Bombeiros do município e os jornais de circulação local, tais como: Diário da Manhã, Voz Regional, Correio do Povo e Bom Dia, onde foram levantadas as reportagens que tinham alguma notícia vinculada a respeito da ocorrência de algum desastre.

A coleta de informações junto à imprensa foi realizada também com o objetivo de complementar os números de ocorrências, pois os dados da Defesa Civil dizem respeito apenas aos desastres acompanhados de decretos de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública, excetuando-se aqueles em que os municípios tiveram condições de arcar com os danos.

Os dados coletados dizem respeito ao tipo de evento que ocorreu (vendaval, precipitação de granizo, tornado ou estiagem); localização e data de ocorrência do evento e a extensão dos danos e fotografias quando presentes na notícia. Estes dados foram tabelados de acordo com a classificação do Diário Oficial da União, de 30 de agosto de 2012, conforme sua origem sendo

agrupados nas seguintes categorias: meteorológicos (vendaval e granizo) e climatológicos (estiagem).

Com base nesta análise e considerando a importância dos desastres em relação à população, optou-se por distribuir estes eventos, com o auxílio do software ArcGis, no mapa da área urbana do município, conforme metodologia de Wollmann (2011), procurando estabelecer uma relação entre o tipo de desastre e os bairros mais afetados. Desta forma para cada tipo de evento elaborou-se um mapa. Cada evento recebeu um símbolo apropriado. Com base na descrição dos jornais e Defesa Civil, os bairros afetados em cada episódio receberam um símbolo. O número de símbolos em cada bairro significa, na verdade, quantas vezes ele foi atingido, independente do episódio e data do evento.

Procurando entender o porque de determinados bairros serem os mais afetados, buscou-se correlacionar a sua localização com o tipo de relevo (declividade e altitude) e a dinâmica climática. Para isto foram elaborados no ArcGis os mapas de declividade e hipsometria para a área urbana do município (escala 1:50.000). De posse destes mapas, foi realizado um trabalho de campo nos dias 12 e 13 de julho de 2013, onde foram percorridos todos os bairros da cidade observando-se o relevo, tipo de solo, geologia, cursos d'água e local onde tinham ocorrido os eventos. Os pontos foram identificados com GPS, e as observações foram anotadas em caderneta de campo e fotografadas.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No período de 1986 a 2011, segundo estudos de Reckziegel (2007), e complementados pelos Boletins da Defesa Civil Estadual e Municipal, ocorreram 65 eventos causadores de desastres em Erechim/RS, sendo que a maioria deles, ou seja, 46 eventos, que perfazem um percentual de 70,7% do total de desastres levantados, são de origem meteorológica como vendavais e vendavais com granizo e climatológicos como as estiagens.

Análise dos Desastres de Origem Meteorológica

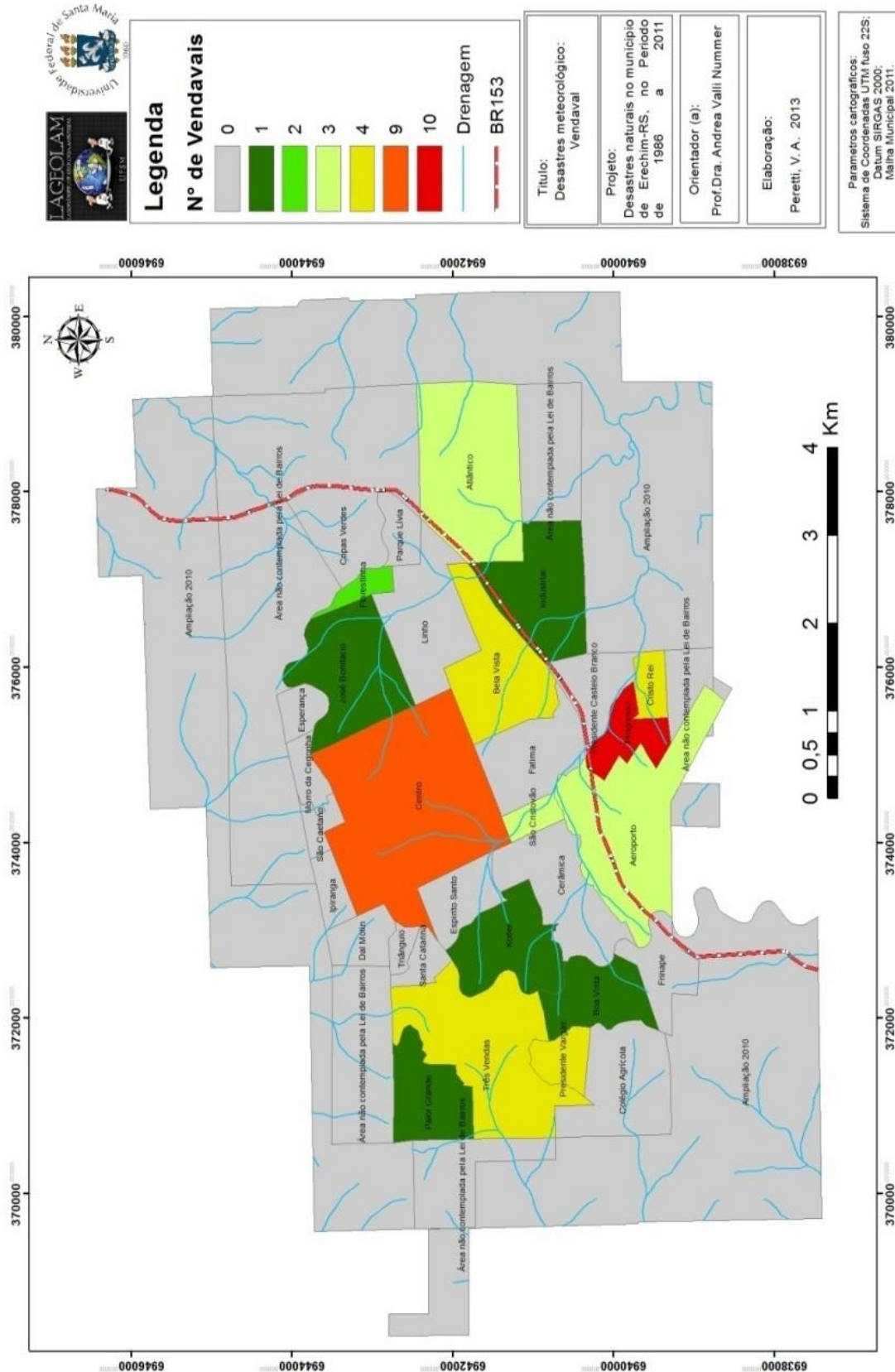
O maior número de ocorrências de desastres naturais ocorridos no município de Erechim estão associados a episódios de origem meteorológica, principalmente os vendavais e os vendavais acompanhados de granizo. As

fortes chuvas acompanhadas de vendavais (às vezes com precipitação de gelo) causaram estragos em praticamente todos os bairros da área urbana do município, especialmente no centro da cidade, onde os ventos moderados por vezes fortes quebraram galhos de árvores nas Avenidas Maurício Cardoso, Amintas Maciel e José Oscar Salazar, sem danos materiais. Ainda, moradias foram destelhadas nos bairros Progresso e Presidente Vargas.

Em alguns locais do Centro, as rajadas de vento ultrapassaram os 100 km/h, segundo informações coletadas nos jornais locais, com base em boletins meteorológicos, e foram responsáveis por várias calamidades, derrubando muros, arrancando placas, caixas d'água e até mesmo fazendo com que o semáforo na esquina das ruas Aratiba e Alemanha mudasse de posição. Vidraças de prédios foram destruídas e o medo tomou conta dos moradores durante várias vezes e em diversos anos no município de Erechim. Para melhor ilustrar os registros de ocorrência dos vendavais e vendavais acompanhados de granizo no município de Erechim, a (Figura 6) apresenta o número de ocorrências por bairro, no período de 1986 a 2011.

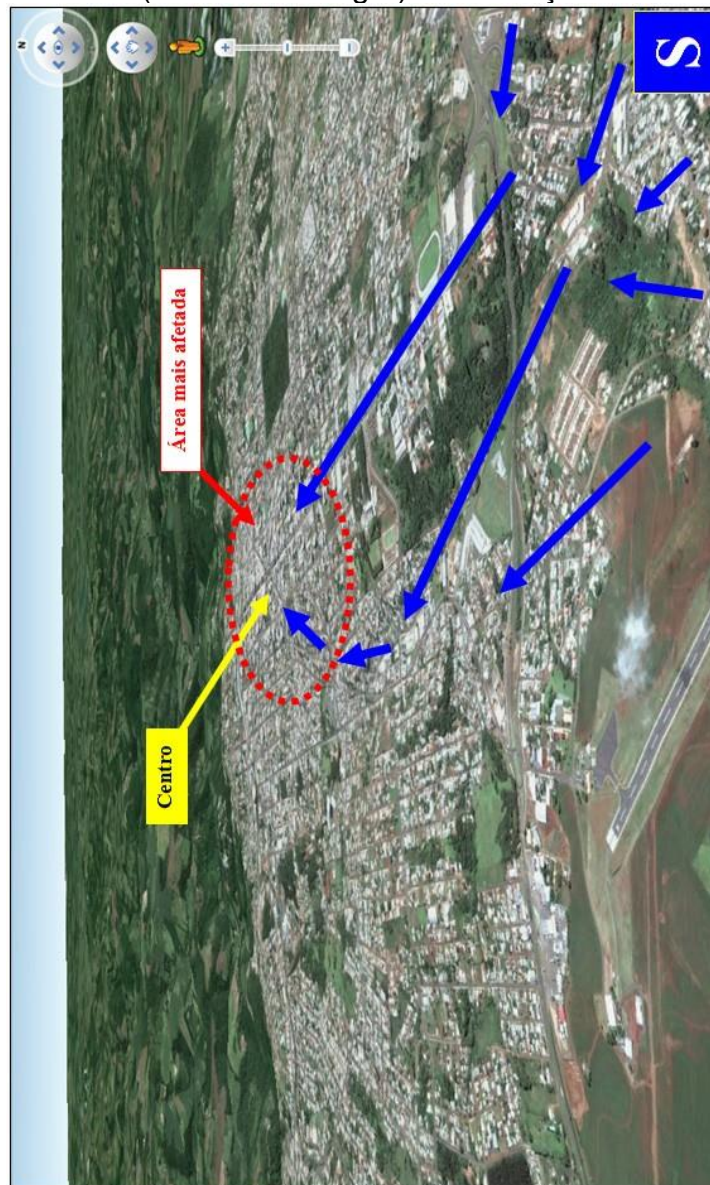
Além do centro da cidade ter maior concentração de rugosidades urbanas que podem perecer às condições anemométricas severas, uma das causas que podem explicar que a maioria dos 23 eventos registrados (10 no total – 43,8%), só no centro de Erechim, reside na própria Geografia do sítio urbano: A existência de vales com orientação Norte-Sul, associada à mesma orientação do arruamento urbano e dos fluxos atmosféricos (que serão explicados na sequência) também provenientes do quadrante sul, há, portanto, um favorecimento natural e forçado pela estrutura urbana, a concentrar o vento no centro da cidade, conforme pode ser observado no esquema da (Figura 7).

Figura 6 - Distribuição por bairros do número de vendavais ocorridos no município de Erechim/RS, entre 1986 e 2011.



Fonte: Jornais de circulação local do Município de Erechim/RS

Figura 7 - Esquema de canalização dos ventos na área urbana de Erechim/RS, por influência do relevo (Vale do Rio Tigre) e orientação do arruamento urbano.



Org.: PERETTI; NUMMER; WOLLMANN

Dessa forma, os fluxos atmosféricos provenientes do quadrante sul são canalizados pelo relevo e arruamento com mesmo sentido, que aumentam a velocidade do vento e o canalizam em direção ao centro, favorecendo maior número de ocorrências/desastres dessa natureza, mas que também é fruto do maior número de rugosidades passíveis de ser danificada pelos ventos fortes.

Nessa mesma trajetória Sul-Norte canalizada pelas condições topográficas e arruamento urbano, encontram-se os bairros Poletto, Progresso, Petit Village e Cristo Rei, que no ano de 1996, um vendaval ocasionou destruição e estragos em muitas residências e aproximadamente 80 casas foram atingidas,

ou seja, 30% das residências. Segundo o Corpo de Bombeiros, houve destelhamento de casas, queda de árvores e destruição total de residências, incluindo móveis e até automóveis, houve também rompimento de cabos de alta tensão e de entradas de alta tensão e de entradas de energia elétrica em residências.

Os episódios de vendavais, que somaram 23 episódios no período analisado, foram registrados em praticamente todas as estações do ano, porém o maior número de ocorrências registrou-se na primavera, com 11 registros (47,8%); seguidos pelos ocorridos no inverno, com 06 registros (26,1%); verão, com 04 registros (17,4%); e outono, com 02 registros (8,7%).

Já os episódios de ocorrência de vendavais acompanhados com queda de granizo, no período proposto da pesquisa, somaram 10 eventos, sendo 05 deles na primavera (50%); 03 no inverno (30%); e 02 no verão (20%). Tanto em relação aos vendavais, quanto aos associados com queda de granizo, observa-se um forte percentual de sazonalidade deste evento meteorológico às condições primaveris, que concentrou 48,4% dos dois tipos de eventos meteorológicos analisados concomitantemente.

Nesse sentido, de acordo com Sartori (2003), a primavera pode ser considerada uma estação de transição entre as condições invernais e vernais, e nesse jogo de forças entre os fluxos atmosféricos polares e tropicais, a primavera pode concentrar uma boa parte de eventos adversos do ponto de vista climático. De acordo com a autora, em oposição às características do inverno e mesmo do outono, a Massa Tropical Continental aumenta sua participação na primavera, especialmente em novembro e dezembro, em substituição à MPV. Embora de pouca duração (1 dia), os dias sob seu domínio são quase sempre os que registram as maiores temperaturas e as mais baixas pressões, com ressecamento significativo do ar, correspondendo às fases pré-frontais. A MTA, as Instabilidades Tropicais e Calhas Induzidas, por outro lado, não aumentam suas frequências em relação às demais estações (SARTORI, 2003).

Nesse sentido, pode-se afirmar que a maior concentração de eventos meteorológicos desta natureza na primavera em Erechim é fruto da participação tanto de sistemas atmosféricos polares e tropicais, que iniciam uma espécie de “troca” de participação quanto aos mecanismos definidores do tempo meteorológico.

Assim, é nesse embate de forças dos fluxos polares de Sul – que definem melhor os eventos no inverno - com o aumento da participação dos sistemas tropicais, de Norte e Oeste, que também podem provocar queda de granizo – mais comuns na primavera e verão.

Análise dos Desastres de Origem Climatológica

Uma estiagem, tratada vulgarmente como seca, é entendida como um fenômeno atmosférico de origem natural com propriedades bem características e distintas das demais, em outras palavras, é entendida como uma condição física transitória, caracterizada pela escassez de água, associada a períodos extremos de reduzida precipitação mais ou menos longos, com repercussões negativas e significativas nos ecossistemas e nas atividades socioeconômicas (SILVEIRA, et. al., 2006).

Estiagem é o fenômeno que ocorre num determinado intervalo de tempo, ou seja, a estiagem não é permanente e às vezes não tão severa quanto à seca do ponto de vista do ressecamento da atmosfera e do solo, contrariamente à seca, que é por vezes mais severa e de caráter permanente (CARVALHO, 1988).

No Rio Grande do Sul, as estiagens deixam marcas lastimáveis na agricultura gaúcha durante o verão, pois conforme Silveira, et. al. (2006, p. 2), as estiagens no Estado são uma condição climática, determinadas pelos fenômenos El Niño e La Niña, que atuam predominantemente no período da primavera e do verão. Embora as chuvas no Rio Grande do Sul sejam bem distribuídas durante as quatro estações do ano, a precipitação pluvial no estado caracteriza-se pela elevada variabilidade interanual (entre anos) e espacial (entre regiões), o que contribui para acentuar a estiagem em determinadas regiões.

Nesse sentido, historicamente as estiagens fazem parte do cotidiano da população de várias cidades sul-rio-grandenses, e a frequência de ocorrência desse fenômeno, que é de atuação regional do ponto de vista das escalas do conhecimento climático, é alta (Ribeiro, 2012).

No caso da pesquisa aqui apresentada, que tem o município de Erechim como espaço de análise, o mesmo tem sofrido com sucessivas estiagens que afetam, principalmente, o desenvolvimento da região, especialmente sobre as áreas rurais.

As estiagens causaram prejuízos elevados nas culturas de verão, além do atraso na implantação das lavouras, rebaixamento dos níveis dos reservatórios de água, crestamento das pastagens, fatos que redundarão em menor oferta de alimentos para os próximos anos. O importante sempre foi buscar medidas minimizadoras para os efeitos das estiagens, aprendendo que é preciso proteger a natureza para que tenhamos como aliada. Principalmente, quando ela depende de um insumo tão importante para quem quer produzir alimentos, que é o clima. O milho e o feijão foram as culturas mais afetadas. No caso do feijão, a colheita da primeira safra contabiliza prejuízos que podem chegar a 90% nas principais regiões produtoras. Uma boa parte, no entanto, é de lavouras que estão em plena fase de floração ou de enchimento dos grãos (A VOZ DA SERRA, 2000¹⁷).

Várias foram as vezes em que o município de Erechim precisou decretar Situação de Emergência por causa das graves estiagens ocorridas, trazendo prejuízos econômicos e sociais. O baixo índice pluviométrico afetou o setor agropecuário, em especial as culturas de milho, soja, hortigranjeiros e leite, bem como o abastecimento de água pra o consumo humano e animal (A VOZ DA SERRA, 2000).

No período de 1986 a 2011, no município de Erechim, bem como toda a região do Alto-Uruguaí, foram relatadas a ocorrência de 13 estiagens, sendo 05 delas ocorridas durante o verão (38,5%); 05 no outono (38,5%); 02 na primavera (15,4%); e 01 no inverno (7,6%). Observa-se, portanto, uma concentração das estiagens no período de verão - outono (77% das ocorrências).

Segundo SARTORI (op. cit., p. 28), isso pode ser explicado pelo fato de que como toda a Região Sul do Brasil, o território sul-rio-grandense situa-se em zona climaticamente de transição e, por isso, as principais características climáticas da área de estudo refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo. Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares

¹⁷ <http://www.avozdaserra.com.br/>

tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico.

Entretanto, ocorre evidente variabilidade têmporo-espacial das precipita es, ocasionando episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano e que refletem altera es na habitualidade da circula o atmosférica nas escalas regional e zonal [...] em parte provocadas pelos, hoje conhecidos, fenômenos de "El Niño" e "La Ni a". Esses condicionantes climáticos, de origem dinâmica, determinam as frequentes e bruscas mudanças de tipo de tempo, provocados pelos avanços sucessivos dos sistemas frontog nicos durante todo o ano (Sartori, op. cit.).

CONCLUSÕES E CONSIDERA ES FINAIS

Os desastres de ordem meteorológica, os vendavais e vendavais acompanhados de granizo foram os eventos atmosféricos extremos de maior relevância catalogados para esta pesquisa, observou-se sazonalidade durante a primavera, que concentrou 48,4% dos desastres. Os bairros mais afetados de Erechim foram o Centro, Progresso e Petit Village, que pela natureza do sítio geográfico e seus condicionantes (topografia e orienta o das ruas) concentraram os ventos nestas partes da cidade, levando a ocorrência de algum dano, humano ou físico.

Assim, pode-se concluir que os controles climáticos para os desastres meteorológicos em Erechim são, além da circula o atmosférica regional, a orienta o dos vales e das ruas que deslocam e aumentam a velocidade dos fluxos atmosféricos para o centro da cidade.

No que tange os desastres de ordem climatológica, as estiagens assumem papel quase que exclusivo sobre Erechim, mais sobre a área rural do que sobre a área urbana propriamente dita. Houve concentra o de 50% dos episódios de déficit hídrico nas esta es do verão e outono, condicionadas pela circula o atmosférica regional. Os baixos totais de chuva nos anos com registros de estiagens afetaram significativamente o setor agropecuário, em especial as culturas de milho, soja, hortigranjeiros e leite, bem como o

abastecimento de água pra o consumo humano e animal, que indiretamente também afetam o abastecimento e a economia do meio urbano.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização Geológico-geotécnica voltada à Estabilização de Encostas: uma proposta metodológica**. Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PUCRJ, 1992.

BRASIL. Ministério De Integração Nacional, **Manual de Desastres Naturais**, 2007.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CARVALHO, O. **A economia política do Nordeste (seca, irrigação e desenvolvimento)**. Rio de Janeiro, Brasília: Campus. ABID. 1988.

CERRI, L. E. S. **Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos: uma Proposta para Prevenção de Acidentes**. 1993. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.

COLVILLE, P. G. **Condicionantes climáticos à desertificação**. Talca: Facultad de Ciências Agrárias, Universidad de Talca, Chile, 1987.

CONTI, J. B. **O conceito de desertificação**. *Revista Climatologia e Estudos da Paisagem*. Rio Claro: UNESP. v. 3, n. 2, p. 39-53. 2008.

CPRM. **Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul. Programa Geologia do Brasil. Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil**. Mapas Geológicos Estaduais Escala de 1:750.000, 2008. CD-ROOM.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Atlas socioeconômico e ambiental do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2006. 65p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 jan. 2012.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

OLIVEIRA, E. L. A. **Áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS: Zoneamento e Hierarquização**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Disponível em: <www.pmerechim.rs.gov.br>. Acesso em 10 jan. 2012.

RECKZIEGEL, B. W. **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) – Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, UFSM, Santa Maria - RS.

RIBEIRO, A. A. **Eventos Pluviais Extremos E Estiagens Na Região Das Missões, RS: A Percepção dos Moradores do Município de Santo Antônio das Missões**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual de Minas, Energia E Comunicações. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2002. 65 p.

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v.1, n.20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SAUSEN, T. M. **Desastres Naturais e Geotecnologias**. Santa Maria: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, 2008.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B.; SILVA, R. R.; ROSA, J. L. A estiagem do verão de 2005 no RS: causas e impactos socioeconômicos na microrregião geográfica de Santa Maria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7., 2006, Rondonópolis. **Anais...** Rondonópolis: UFMT, 2006. CDROM.

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.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org) **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (rosácea spp.) no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO DA ÁREA URBANA DE ITAQUI (RS)

Silene Raquel Saueressig; Luís Eduardo Souza Robaina

<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/41397/34042>

Resumo: Este trabalho tem por objetivo estabelecer o zoneamento das áreas de risco a inundação da área urbana do município de Itaqui, localizado as margens do Rio Uruguai na região oeste do Rio Grande do Sul. Os procedimentos metodológicos envolvem quatro etapas: fundamentação teórica e levantamento de dados; análise das condições naturais e sociais do desastre; elaboração dos mapas base do perigo e da vulnerabilidade e; análise dos resultados, zoneamento e elaboração do mapa de risco. Os resultados possibilitaram determinar quatro graus de risco a partir da correlação dos dados de perigo e vulnerabilidade.

Palavras-chave: Inundação; Área urbana; Zoneamento; Risco.

ZONING THE URBAN AREA OF ITAQUI (RS) WITH RISK OF FLOOD

Abstract: The aim of this study is to establish the zoning of the urban area with risk of flood in Itaqui, located at the edges of the Uruguai River in Western Rio Grande do Sul state. The methodological procedures involved four steps: theoretical base and data collection, analysis of natural and social conditions, preparation of hazard and vulnerability maps; zoning of the risk. With the results it was possible to estimate four risk of levels from data correlation of the hazard and vulnerability.

Keywords: Flood; Urban area; Zoning; Risk.

ZONEAMIENTO DE LAS ÁREAS DE RIESGO A INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DE ITAQUI (RS)

Resumen: Este estudio tiene como objetivo establecer el zoneamiento de áreas de riesgo a inundación de la zona urbana del municipio de Itaqui, situado a orillas del río Uruguay en el oeste del Río Grande do Sul. Los procedimientos metodológicos involucran cuatro etapas: bases teóricas y levantamiento de datos; análisis de las condiciones naturales y sociales de la catástrofe; preparación de los mapas base del peligro y de la vulnerabilidad; y análisis de los resultados, zonificación y elaboración del mapa de riesgos. Fue posible determinar cuatro grados de riesgo desde la correlación de los datos de peligro y vulnerabilidad.

Palabras clave: Area urbana; Zoneamento; Riesgo.

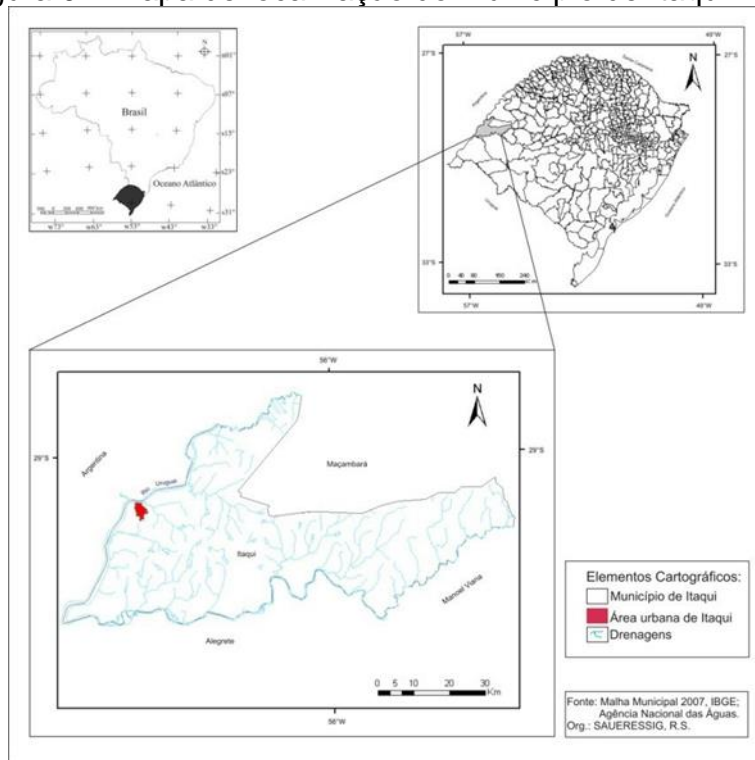
INTRODUÇÃO

As inundações são responsáveis por um número elevado de perdas humanas e materiais todos os anos. Consideradas como um fenômeno de natureza hidrometeorológica, as inundações fazem parte da dinâmica natural e ocorrem, principalmente, deflagradas por precipitações intensas.

De acordo com dados levantados por Reckziegel (2007) e registros da Defesa Civil do estado, para o período de 1980 a 2010, o Rio Grande do Sul é comumente afetado por inundações, sendo o município de Itaqui (figura 1), localizado às margens do Rio Uruguai, um dos mais afetados. Nesse município foram registrados 28 notificações de desastres desencadeados por inundações, sendo 14 com decretos de situação de emergência, nos últimos 30 anos.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo o zoneamento e a cartografia das áreas de risco a inundação na área urbana do município de Itaqui-RS.

Figura 01: Mapa de localização do município de Itaqui – RS.



Fonte: Malha Municipal 2007, IBGE; Agência Nacional de Águas. Org.: Sauressig, S.R.

Conceitos Básicos

O termo 'perigo' é utilizado por muitos autores como sendo a tradução de 'natural hazard'. Mais recentemente, a Defesa Civil Brasileira vem apresentando tendência a substituir o termo perigo por 'ameaça'. Castro (2000) e Kobiyama (2006) destacam que o perigo "implica a existência do homem que estima o que é um dano e o que não é" visto que, nem sempre os fenômenos naturais causam prejuízos às comunidades, podendo, então, ser considerado apenas como um evento.

Da mesma forma, a definição adotada pelas Nações Unidas, define o perigo natural como "a probabilidade de ocorrência, em um determinado período, em uma determinada área, de um fenômeno natural potencialmente danoso" (NAÇÕES UNIDAS, 1984, p. 80, apud CASTRO, 2000).

Dessa forma, neste trabalho, o termo perigo se refere a ameaça de ocorrer um evento natural que cause prejuízos e até mortes para uma determinada comunidade. Com relação ao termo 'vulnerabilidade', o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2007, p. 26) e Wisner, B. (2003), entendem que esse termo representa o "grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno adverso ou processo". Em outras palavras, Cardona (2001), considera a vulnerabilidade como sendo a "predisposição ou suscetibilidade física, econômica, social ou política que uma comunidade tem de ser afetada ou de sofrer danos em caso de um fenômeno desestabilizador de origem natural ou antrópica". Ainda, acrescenta que a vulnerabilidade está diretamente relacionada ao contexto social, a suas características materiais expostas a um fenômeno perigoso, vindo a determinar o grau de efeitos do fenômeno sobre determinada comunidade.

Seguindo os autores citados, neste trabalho entende-se por vulnerabilidade as características de uma comunidade de lidar, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural (um evento natural extremo ou processo). Assim, ser vulnerável é estar fisicamente exposto a um evento adverso e não ter os meios disponíveis para enfrentar a crise que pode sobrevir.

O risco supõe a existência de dois fatores: a ameaça/perigo e a vulnerabilidade. Desta forma, para Lavell, (1999, p. 3) pode-se entender que o risco se faz na inter-relação ou interseção desses dois fatores, cujas características e especificidades são heterogêneas. As Nações Unidas entendem o risco como sendo o "grau de perda previsto devido a um fenômeno natural determinado e em função tanto do perigo natural como da vulnerabilidade" (NAÇÕES UNIDAS, 1984, p. 80, apud CASTRO, 2000).

O termo risco, no presente trabalho, é usado como uma relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências devido às vulnerabilidades econômicas e/ou sociais de um dado grupo ou comunidade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O levantamento dos dados referentes à ocorrência de inundações no município de Itaqui foi embasado nos trabalhos realizados por Reckziegel

(2007), no período entre 1980 a 2005 e para o período de 2006 a 2010 foram consultados os arquivos da Defesa Civil.

Os dados hidrológicos do Rio Uruguai correspondem às cotas fluviométricas da régua linimétrica operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Estes dados hidrológicos foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional das Águas (ANA) no endereço eletrônico: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Levantou-se junto à Prefeitura de Itaquí o Plano Diretor da cidade e fez-se uso de fotos disponibilizadas por antigos moradores que vivenciaram diversas inundações. O material cartográfico consiste na Carta Topográfica da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército na escala 1:50.000; recortes de imagens de 30 de dezembro de 2007, do satélite QUICKBIRD, sensor pancromático com resolução espacial de 61 cm, adquiridas através do software Google Earth™.

Os limites estabelecidos para as áreas de risco foram plotados sobre o mapa base com curvas de nível de um metro de equidistância, na área urbana, através de levantamento cartográfico, levantados a partir de perfis em campo utilizando-se equipamento de posicionamento global.

Os dados foram referenciados utilizando-se o software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o software ArcGIS 9.3.

As áreas atingidas por inundações extraordinárias foram definidas como sendo de baixo grau Perigo; enquanto que, as áreas atingidas por inundações recorrentes, ou seja, as áreas atingidas com maior frequência pelas inundações foram definidas como sendo de alto grau de Perigo.

Os dados do padrão construtivo das residências (material utilizado nas construções e o estado de conservação) e a infraestrutura pública disponível (vias, esgotamento pluvial, rede de água) definiram a vulnerabilidade da população afetada pelas inundações, em três tipologias: Baixo Grau de Vulnerabilidade: bom padrão construtivo, onde predominam casas de alvenaria, em bom estado de conservação, ruas calçadas ou pavimentadas; Médio Grau de Vulnerabilidade: médio padrão construtivo, onde predominam casas de madeira e casas antigas pouco conservadas, casas de alvenaria inacabadas, alternância entre ruas calçadas e de chão; Alto Grau de Vulnerabilidade: padrão construtivo precário, com predomínio de casas pequenas, de alvenaria ou de

madeira, casa com material alternativo, casas sem conservação ou manutenção, ruas de chão.

Para definição dos graus de risco considerou-se os critérios e parâmetros de perigo e vulnerabilidade sendo determinado quatro graus de risco: risco muito alto; risco alto; risco médio; e risco baixo, quadro 01.

Quadro 01: Matriz de correlação para estabelecimento do grau de risco.

Perigo Baixo	RISCO BAIXO	
Perigo Alto	Vulnerabilidade Baixa	RISCO MÉDIO
	Vulnerabilidade Média	RISCO ALTO
	Vulnerabilidade Alta	RISCO MUITO ALTO

Por fim, considerando os critérios dos arranjos estabelecidos no quadro 01, temos:

Cenário de Risco Baixo: inundações extraordinárias, com edificações de padrão construtivo variado.

Cenário de Risco Médio: área atingida por inundações ordinárias, com predomínio de edificações de bom padrão construtivo;

Cenário de Risco Alto: área atingida por inundações ordinárias, com predomínio de edificações de médio padrão construtivo;

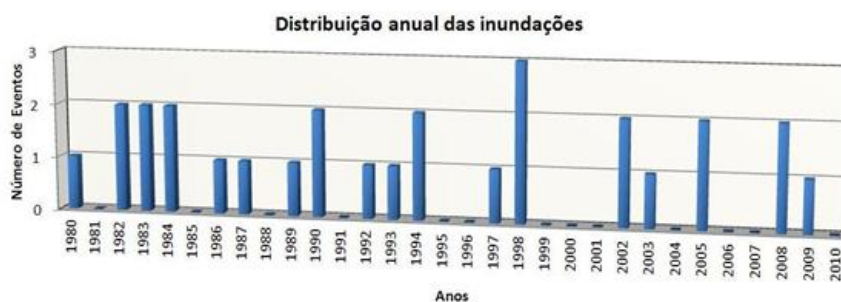
Cenário de Risco Muito Alto: área atingida por inundações ordinárias, com predomínio de edificações de baixo padrão construtivo;

RESULTADOS

O inventário dos eventos adversos possibilita identificar, para o período de 30 anos, 28 notificações de eventos adversos por inundações sendo que, para 14 resultaram em decretos de Situação de Emergência.

O gráfico da figura 02 mostra a distribuição das inundações para o período analisado. Constata-se que as inundações ocorreram em 18 dos 30 anos avaliados, caracterizando uma significativa recorrência dos eventos.

Figura 02: Distribuição anual das inundações no período de 1980 a 2010.



Fonte: RECKZIEGEL, B. W. 2007; Defesa Civil, 2011.

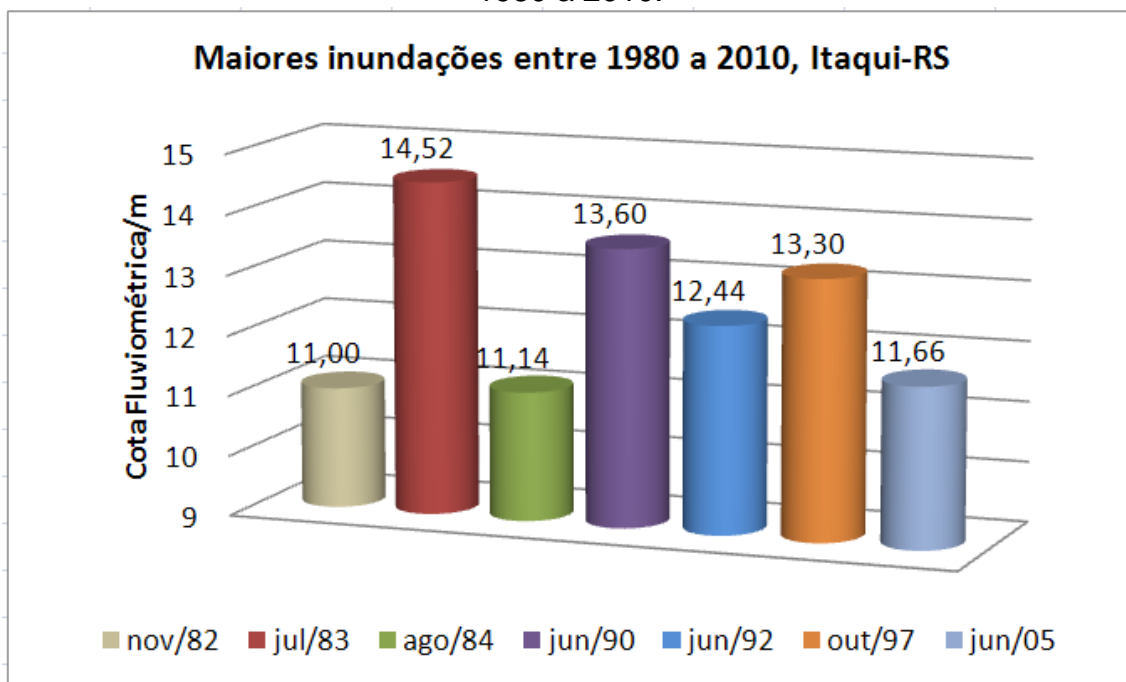
O gráfico da figura 03 apresenta a relação entre os meses do ano e os eventos de inundação registrados. A ocorrência de inundações é significativa entre os meses de abril e julho e, muito significativa, entre os meses de outubro e novembro. Dado a recorrência do evento o mês de outubro deve ser definido como de alerta máximo.

A inundação de 1983 foi o evento que atingiu a maior cota fluviométrica para o período dos 30 anos estudados, quando o rio chegou a marca de 14,52m acima do leito normal. Em 1997 também atingiu uma das maiores cotas fluviométricas, chegando a 13,30m acima do leito normal. As maiores cotas fluviométricas registradas para o período analisado estão dispostas no gráfico da figura 04:

Figura 03: Distribuição mensal das inundações no período de 1980 a 2010.



Figura 04: Gráfico das maiores inundações ocorridas em Itaqui no período de 1980 a 2010.



Fonte: Agência Nacional das Águas, 2010

Análise do Perigo

Perigo se refere a ameaça de ocorrer um evento de inundação que afete a área urbana do município de Itaqui, com potencialidade, portanto, de causar prejuízos e até mortes para uma determinada comunidade.

A análise das áreas atingidas por inundações, na cidade de Itaqui, permitiu definir que a partir da cota fluviométrica de 10m as cheias começam a atingir as moradias, especialmente, dos bairros localizados nas áreas ribeirinhas. Na fotografia da figura 05 observa-se a inundação quando o rio atinge cota fluviométrica entre 10,5m e 11m de elevação na Aduana do Porto de Itaqui.

Esta área foi determinada como alto grau de perigo, pois é afetada por inundações recorrentes. Estão localizadas na planície de inundação do Rio Uruguai, junto às margens do Rio Cambaí e do arroio Olaria, se estendendo por uma área de, aproximadamente, de 1,2km² (figura 05). Apresenta uma forte relação com o que o Plano Diretor de Itaqui definiu como "Zona Especial".

Figura 05: Inundação de novembro de 2008, Rua Independência com Saldanha da Gama. Cota fluviométrica de, aproximadamente, de 10,80m. Na foto, do centro para a esquerda observa-se a Aduana e o porto, respectivamente. Mais a direita, predomina área comercial.



Fonte: MEYER, C., 2008.

A maior inundação ocorrida para o período em análise foi no ano de 1983, quando a inundação alcançou a cota fluviométrica de 14,52m. Através de fotografias da época e informações obtidas da população identificou-se uma linha limite, com apoio de GPS. Isso permitiu determinar a cota altimétrica atingida na área urbana de Itaqui que variou entre as cotas topográficas 59m a 62m de altitude, dependendo da área. Essa amplitude altimétrica é função de um conjunto de fatores como: o relevo plano, que faz com que o aumento de poucos centímetros do nível da água atinja áreas extensas, o represamento dos arroios Cambaí, do arroio Olaria e de outros pequenos cursos intermitentes que passam pela área urbana, provocado pela cheia do Rio Uruguai.

Nessas condições, a água chegou a atingir a Praça Marechal Deodoro, o pátio do Presídio de Itaqui (figura 06) e grande parte dos bairros margeados pelo arroio Olaria.

Figura 06: Foto da quadra do Presídio de Itaqui, com a inunda o extraordinária de 1983. Cota fluviométrica de, aproximadamente, de 14,52m.



Fonte: FLORES, A. E., FLORES, A. M., 1983.

Essa inunda o corresponde o limite máximo da área de perigo a inunda o, sendo uma área que pode ser afetada somente em eventos excepcionais.

A Figura 07, apresenta o zoneamento de perigo definido para a área urbana de Itaqui.

Análise da Vulnerabilidade

Vulnerabilidade   determinada pelas características de uma comunidade de lidar, resistir e se recuperar do impacto de uma inunda o. Ou seja, estar exposto a um evento adverso e não ter os meios disponíveis para enfrentar a crise que pode sobrevir.

O município de Itaqui conta atualmente com 38.166 habitantes, sendo que 33.301 destes residem no meio urbano (IBGE,2010). Apesar de ter um extenso território, a área urbana da cidade se desenvolveu na margem esquerda do Rio Uruguai, aproveitando os benefícios deste grande curso d'água, mas tendo que conviver com processos de inunda o.

Entre os dezessete bairros, oito são suscetíveis a serem atingidos pelas inunda es sendo que destes, os mais propensos são: Ponte Seca, Cerrinho Dois Umbus, Várzea, Enio Sayago e, Vinte e Quatro de Maio.

A avaliação da vulnerabilidade foi desenvolvida nesses bairros, nas áreas atingidas pelas inundações recorrentes, classificadas como sendo de alto grau de perigo. A área considerada de baixa vulnerabilidade (figura 08) apresenta moradias, predominantes, com bom padrão construtivo e ruas calçadas ou pavimentadas.

Figura 07: Mapa apresentando o zoneamento do grau de perigo para a área urbana de Itaqui-RS.

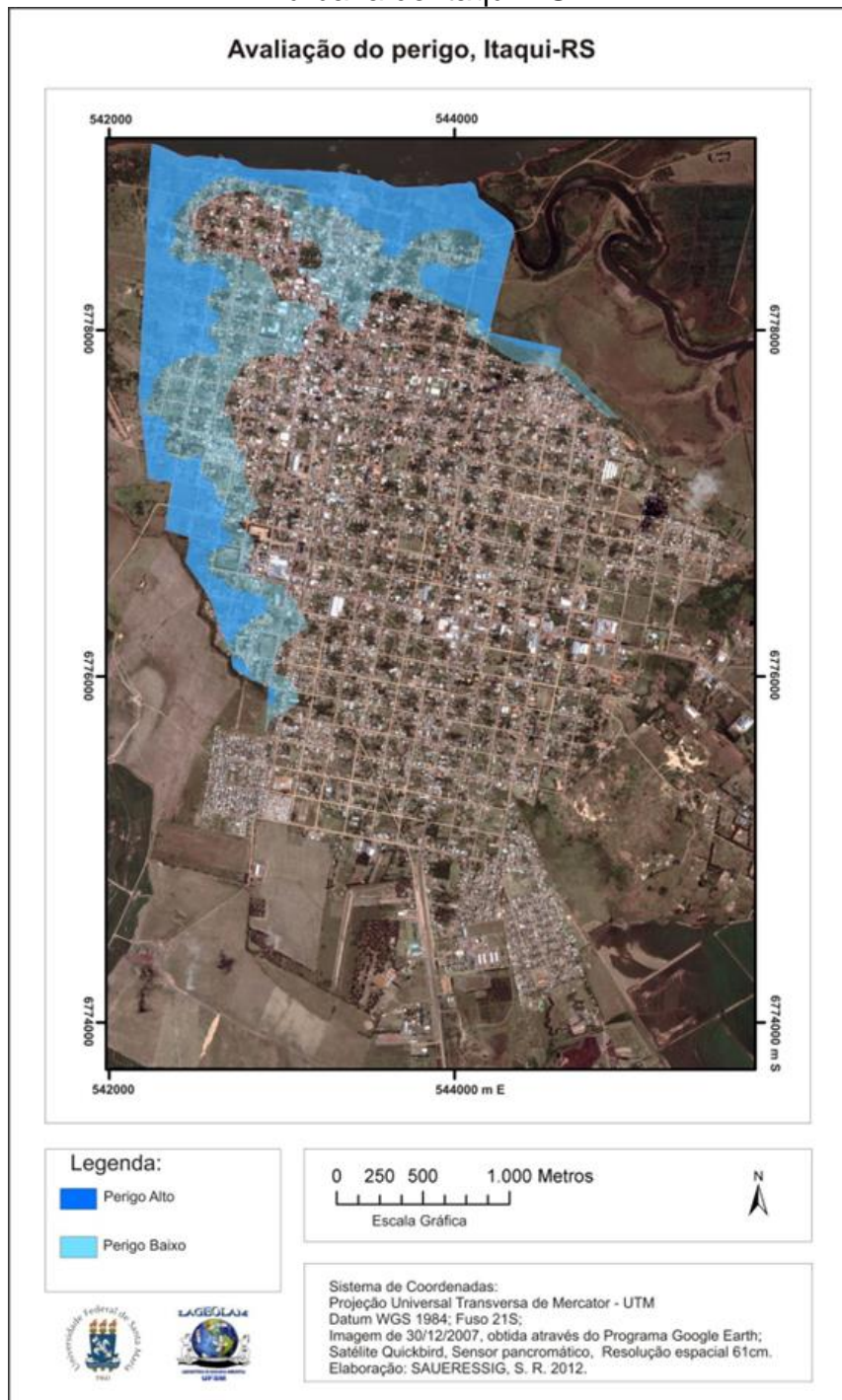


Figura 08: Rua Bento Gonçalves, Itaqui. Apresentando as condições definidas como baixo grau de vulnerabilidade.



Fonte: Trabalho de campo, 2011.

As áreas consideradas com médio grau de vulnerabilidade são bastante heterogêneas e, apresentam padrão construtivo variado, onde predominam casas de madeira, casas antigas e casas de alvenaria aparentando pouca conservação ou, ainda, inacabadas, alternância entre ruas calçadas e de chão, como mostra a figura 09.

Já, as áreas com alta vulnerabilidade, predominam residências com baixo padrão construtivo, casas pequenas, de alvenaria ou de madeira com acabamento precário e ruas de chão (figura 10).

Figura 09: Rua Rafael Pinto Bandeira com Saldanha da Gama, Itaqui. Condições definidas como médio grau de vulnerabilidade.



Fonte: Trabalho de campo, 2011.

Figura 10: Rua Bento Gonçalves, Itaqui. Condições identificadas como de alto grau de vulnerabilidade.



Fonte: Trabalho de campo, 2011.

O mapa da figura 11 apresenta como foi distribuída e classificada a avaliação da vulnerabilidade para a área urbana de Itaqui.

Zoneamento das Áreas de Risco

O zoneamento do risco, com o estabelecimento de diferentes graus, é uma integração dos dados obtidos a respeito do perigo e, da avaliação da situação de vulnerabilidade.

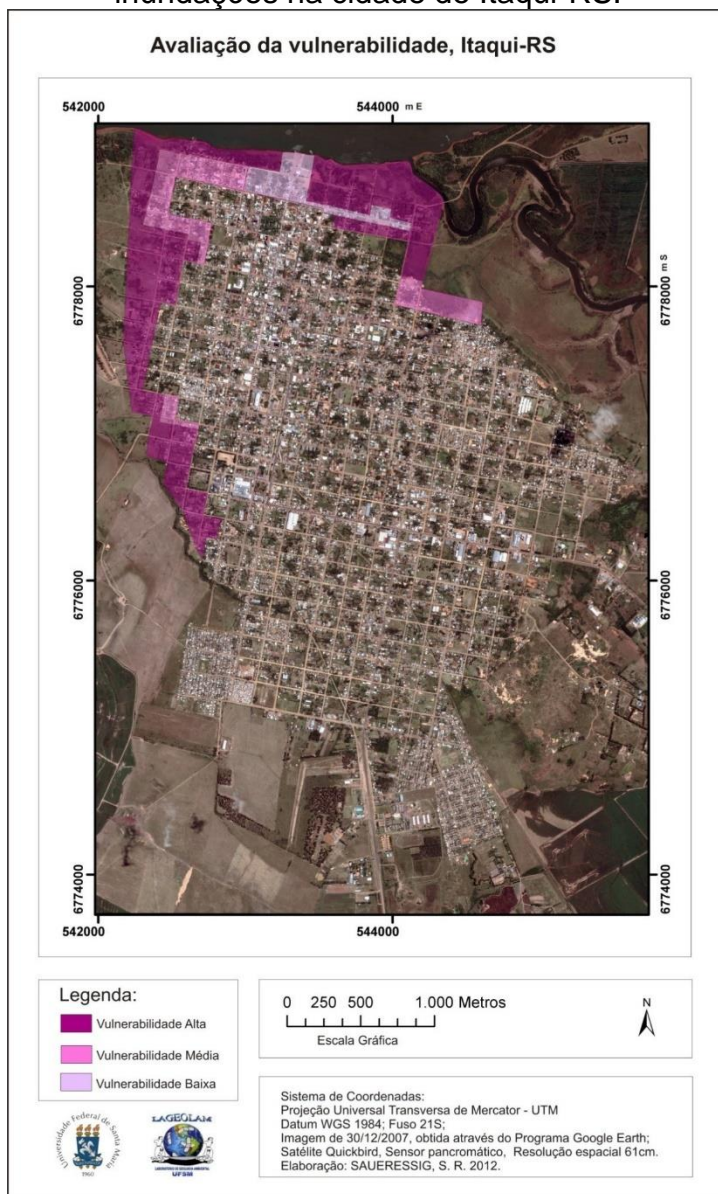
A análise determinou quatro graus de risco definidos como: Risco baixo; Risco médio, Risco alto e; Risco muito alto, cujo zoneamento pode ser observado na figura 12.

Através deste zoneamento constatou-se que a área definida como de baixo risco, por ser somente afetada por eventos excepcionais ocupa um espaço de 1,30 Km², equivalendo a 12,85% da área urbana. O limite espacial está definido pela inundação ocorrida em 1983. Nesta inundação a cota pluviométrica atingida foi de 14,52m.

A área de médio risco ocupa um espaço de 0,05 Km², equivalendo a 0,50% da área urbana, se caracterizando pelo alto grau de perigo, definido pela elevada possibilidade de ser atingidos por inundações, mas apresentando

vulnerabilidade baixa, devido estar localizada na área do Porto de Itaqui, da praça do porto e da Aduana.

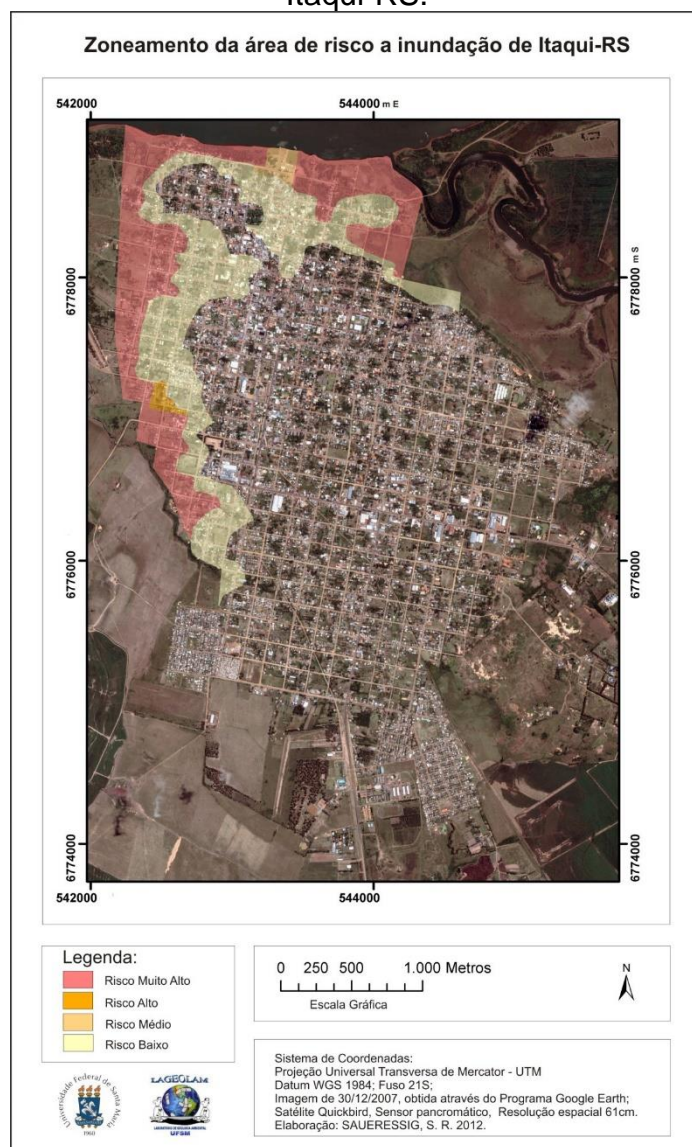
Figura 11: Mapa de zoneamento da vulnerabilidade da população afetada por inundações na cidade de Itaqui-RS.



A área com alto grau de risco ocupa um espaço de 0,03 Km², equivalendo a 0,30% da área urbana, se caracterizando pelo alto grau de perigo somado a uma situação de médio grau de vulnerabilidade.

Por fim, a área de risco muito alto que ocupa um espaço de 1,20 Km², equivalendo a 11,87% da área urbana, se caracterizando pelo alto grau de perigo e de vulnerabilidade. Esta área equivale as áreas ribeirinhas que começam a ser afetadas pelas águas quando o rio atinge cota fluviométrica acima de 10m.

Figura 12: Mapa do zoneamento da área de risco a inundação na cidade de Itaqui-RS.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais instrumentos de medidas não estruturais utilizados para o gerenciamento do risco é a construção de zoneamentos das áreas de perigo e de risco.

O zoneamento do risco é resultado da correlação da variação do perigo com os diferentes graus de vulnerabilidade. Assim, foram estabelecidos quatro graus de risco: baixo, médio, alto e muito alto. A área de risco muito alto corresponde a 1,20 Km² ou 11,87% da área urbana, contudo, se considerarmos

a área total do risco esta chega a 2,58 Km² ou 25,52% da área urbana de Itaquí, um espaço bastante significativo.

Este trabalho disponibiliza para o poder municipal um banco de dados e de cartas temáticas, que podem ser utilizados em trabalhos de planejamento e gestão do risco. Acredita-se, portanto, que cumpre um papel importante da universidade pública com a sociedade.

Agradecimento

Agradecemos o apoio financeira da FAPERGS e do CNPQ para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas - ANA. **Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 29 set de 2010.

CARDONA, O. D. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo**. **International work-Conference on vulnerability in Disaster Theory and Practice**. Holanda, 29 y 30 de jun. 2001. Não paginado. Disponível em: <http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf>. Acesso em: 27.05.2010.

CASTRO, S. D. A. de. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova**, Barcelona, n. 60, mar. 2000. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso em: 28 maio de 2010.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco 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. 176p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Sinopse do censo demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>.

KOBIYAMA, M. [et. al.]. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Orgnanic Trading, 2006. p.109.

LAVELL, A. **Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos**. **Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina-LA RED**, 1999. 13p. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/1999/grau/index.html>>. Acesso em: 15 jun 2010.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos Desastres Desencadeados por Eventos Naturais Adversos no Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1980 a 2005**. 2007. 284f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, v.1. Santa Maria, 2007.

WISNER, B. [et al]. **At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2 ed. 2003. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/eng/library/Literature/7235.pdf>>. Acesso em: 23 nov 2010.

ANÁLISE TEMPORAL DOS DESASTRES NATURAIS NA QUARTA COLÔNIA DE IMIGRAÇÃO ITALIANA – RS DE 1980 A 2013

Rafael Bilhan Freitas; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499415232>

Resumo: Os desastres, provocados por eventos naturais, que ocorrem em vários municípios do Rio Grande do Sul, revelam uma relação conflituosa que a sociedade desenvolve com a natureza. Este trabalho busca fazer uma análise espacial e temporal dos desastres naturais que ocorreram na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana, localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul. As bases dos dados utilizadas são o trabalho de Reckziegel (2007) e o banco de dados disponibilizado pela Defesa Civil. Os municípios da região da Quarta Colônia foram afetados por noventa e oito acidente/desastres referentes a inundações, enxurradas, vendavais e precipitação de granizo, no intervalo temporal analisado (33 anos). Dos noventa e oito eventos registrados destaca-se que em sessenta e dois ou 63%, foi decretada Situação de Emergência.

Palavras-chave: Análise temporal; inventário; Quarta Colônia; desastres naturais.

TEMPORAL ANALYSIS OF NATURAL DISASTERS IN THE REGION OF “QUARTA COLÔNIA DE IMIGRAÇÃO ITALIANA”–RS (BRAZIL) FROM 1980 TO 2013

Abstract: Natural disasters occur in different cities of the Rio Grande do Sul, showing an adversarial relationship that society develops with nature. This work aims to perform a spatial and temporal analysis on natural disasters that occurred in the Quarta Colônia de Imigração Italiana, situated in the central region of Rio Grande do Sul. The study used as reference Reckziegel (2007) and database available by the Civil Defense from 2003. The municipalities of the region were affected by ninety-eight records related disaster related to floods, flash floods, windstorms and hail precipitation, in the analyzed time (33 years). These ninety-eight registered events in sixty-two or 63%, were decreed emergency situation or public calamity. The management requires knowledge and therefore this work contributes to lay out a scenario for disaster from region.

Keywords: Temporal analysis; inventory; Quarta Colônia; natural disasters.

INTRODUÇÃO

Os desastres, provocados por eventos naturais, que ocorrem em várias cidades do Rio Grande do Sul, revelam a relação conflituosa que a sociedade desenvolve com a natureza.

Segundo a conceituação do UN-ISDR (2009), considera-se desastre como uma grave perturbação no funcionamento de uma comunidade envolvendo perdas humanas, econômicas, materiais ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade de resposta dessa comunidade através dos seus próprios recursos. Tominaga (2012) caracteriza desastres naturais como eventos perigosos provocados por diversos fenômenos naturais, como inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, entre outros.

De acordo com Reckziegel (2007) O estado do Rio Grande do Sul tem sido atingido frequentemente pela ocorrência de desastres naturais, estes, estão associados aos processos de dinâmica superficial e atmosférica, como consequência têm-se perdas sociais e materiais significativas.

O presente trabalho faz uma análise histórica dos registros de evento adversos, desencadeadores de desastres, que ocorreram na região denominada, por questões culturais, turísticas e econômicas, de Quarta Colônia de Imigração Italiana e do Consorcio de Desenvolvimento Sustentável (CONDESUS)¹⁸, composta por nove municípios, sendo eles: Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Ivorá, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Seca, São João do Polêsine e Silveira Martins (Figura 1).

Localização e caracterização da área de estudo

O nome da região foi definido por ser a quarta área de assentamento para os imigrantes italianos, que vieram para o Rio Grande do Sul no século XIX. O lugar escolhido, localiza-se no centro do estado, próximo ao município de Santa Maria, mas distante dos demais núcleos de imigração italiana do Estado. Fundada em 1877, recebeu o nome de Colônia Silveira Martins, homenagem ao senador gaúcho que defendia o processo de imigração italiana para o Rio Grande do Sul (FENALTI, 2011).

No total, a região possui uma população de aproximadamente 63 mil habitantes, o que representa 0,6% da população total do Estado do Rio Grande do Sul. Na Figura 1 podemos ver o mapa de localização da Região da Quarta Colônia.

Os Municípios da região têm seus territórios divididos entre a Bacia Hidrográfica dos rios Vacacaí/Vacacaí Mirim e as Bacias do Alto Jacuí e Baixo Jacuí.

A região pode ser dividida em uma porção, mais ao sul, que apresenta um relevo composto por agrupamentos de formas, regionalmente denominadas de coxilhas¹⁹, que são formas com alturas, ao redor de 40m e declividades entre 5

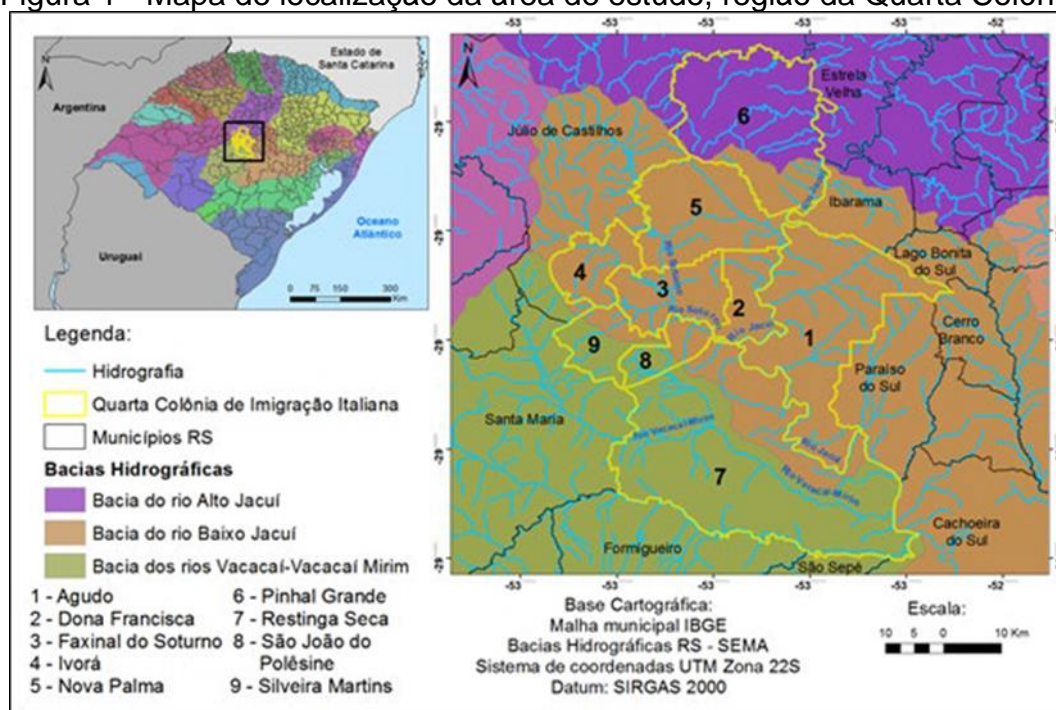
¹⁸ O CONDESUS (Consórcio de Desenvolvimento Sustentável da Quarta Colônia) é uma entidade que tem como atribuição fomentar, apoiar e incentivar ações que objetivam o desenvolvimento dos municípios da região da Quarta Colônia. Composto pelos prefeitos dos municípios que escolhem no intervalo de dois anos seu diretor.

¹⁹ Coxilha é um termo regional utilizado para a denominação de colinas localizadas em regiões de campos, podendo ter pequena ou grande elevação, em geral coberta de gramíneas.

a 10%, separados por extensas áreas de planície de inundação fluvial. A passagem da porção sul ao norte está representada por uma faixa de escarpas com 200m de altura. O setor norte da região apresenta o relevo bastante acidentado em virtude do contato entre as rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, com altitudes que variam entre cerca de 100m e superiores a 600m (ZERFASS, 2007).

Quanto ao clima, é do tipo subtropical e, conforme Sartori (2003), localiza-se em uma zona de transição climática. Dessa forma, a posição subtropical faz com que o estado seja uma área de confronto periódico entre o avanço dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais. Entretanto, Sartori (2003) salienta que, ocorre evidente variabilidade têmporo-espacial das precipitações, ocasionando episódios de longas estiagens ou de precipitações abundantes que originam inundações, que podem acontecer em qualquer época do ano e que refletem alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal, em parte provocadas pelos fenômenos El Niño e La Niña.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, região da Quarta Colônia



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao descrever o tempo associado às correntes perturbadas no Rio Grande do Sul, Sartori (2003) salienta que durante a passagem da Frente Polar Atlântica é comum a ocorrência de trovoadas e, dependendo da época do ano e da intensidade do aquecimento pré-frontal podem ocorrer temporais com chuva forte e queda de granizo, associado à nuvens cumulonimbus. Quando a Frente Polar passa pelo estado em ciclogênese (formação de ciclone frontal) ocorrem chuvas fortes, ventos de várias direções, que podem chegar a altas velocidades, devido à circulação ciclônica no sistema de Baixa Pressão dominante, provocando vendavais ao longo da trajetória seguida pelo ciclone frontal.

METODOLOGIA

Esse trabalho tem como fundamento os trabalhos de levantamento e organização de banco de dados desenvolvido na UFSC coordenado pela Prof.^a. Maria Lucia de Paula Herrmann (2001) intitulado “Levantamento dos Desastres Naturais causados pelas Adversidades Climáticas no estado de Santa Catarina – Período 1980 a 2000” e o trabalho de mestrado da geógrafa Bernadete Weber Reckziegel, intitulado “Levantamento dos Desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul, no período de 1980 a 2005”, apresentou informações sobre eventos de enchente, enxurrada, erosão de margem, vendaval, precipitação de granizo, vendaval acompanhado de precipitação de granizo, tornado, furacão, estiagem e deslizamento que ocorreram no estado do Rio Grande do Sul.

O levantamento dos desastres ocorridos compreendeu o período de 1980 a 2013 e se deu a partir da análise histórica realizada por Reckziegel (2007) onde são computados dados até o ano de 2005, a partir de informações da defesa civil estadual e de base de dados obtidos em jornais de circulação regional. Os registros dos anos seguintes foram realizados a partir do que é disponibilizado online pelo Banco de Dados de Registro de Desastres/ Secretaria Nacional de Defesa Civil – SNDC e pela Defesa Civil do Rio Grande do Sul.

Foram levantadas e organizadas informações sobre o tipo de evento, o período de ocorrência, o município afetado e se houve decretos de Situação de Emergência ou calamidade pública, ou não.

As tabelas e gráficos contidos no trabalho foram confeccionados no software Microsoft Excel 2010.

A elaboração dos mapas de localização, bem como os mapas de registros de eventos, contou com a utilização do software ArcGIS 10. A quantidade de classes para cada mapa foi definida através do método de Sturges pela fórmula:

$$K=1+3.33\log N \qquad \text{Equação 1}$$

Onde, K corresponde ao número de classes. N corresponde ao número de elementos da série, excluindo valores repetidos, no trabalho, é o número total de registros para cada tipo de evento perigoso.

Quanto ao intervalo de classes, foi utilizado o método das quebras naturais (Jenks) gerado automaticamente pelo SIG citado anteriormente. Esse método forma grupos que são homogêneos internamente e assegura a heterogeneidade das classes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento dos dados permitiu identificar os tipos de desastres que ocorreram na região, sendo eles: Inundações, Enxurradas, Temporais ou Vendavais e Precipitação de Granizo, este geralmente associado aos vendavais.

Os municípios da região da Quarta Colônia foram afetados por noventa e oito casos de acidentes/desastres referentes a inundações, enxurradas, vendavais e precipitação de granizo, no intervalo temporal analisado (33 anos). Nos noventa e oito eventos registrados destaca-se que em sessenta e dois ou 63%, foram decretados Situação de Emergência, A Situação de Emergência corresponde ao reconhecimento legal, pelo poder público, de uma situação anormal, provocada por um desastre, causando danos superáveis (suportáveis) pela comunidade afetada (BRASIL, 2007). O Estado de Calamidade Pública corresponde ao reconhecimento legal, pelo poder público, de uma situação anormal, provocada por desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes (BRASIL, 2007).

Estas definições indicam os elementos componentes da Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública: desastre, dano e prejuízo. Para a caracterização da Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública,

analisam-se os fatores preponderantes e os fatores agravantes do desastre. Os critérios preponderantes estão relacionados com a intensidade dos danos (humanos materiais e ambientais) e a comparação entre a necessidade e a disponibilidade de recursos, para o restabelecimento da situação de normalidade (sociais e econômicos) (CASTRO, 1999).

A caracterização da situação anormal em Situação de Emergência ou em Estado de Calamidade está relacionada com a intensidade do desastre e com a existência de fatores agravantes.

Inundações

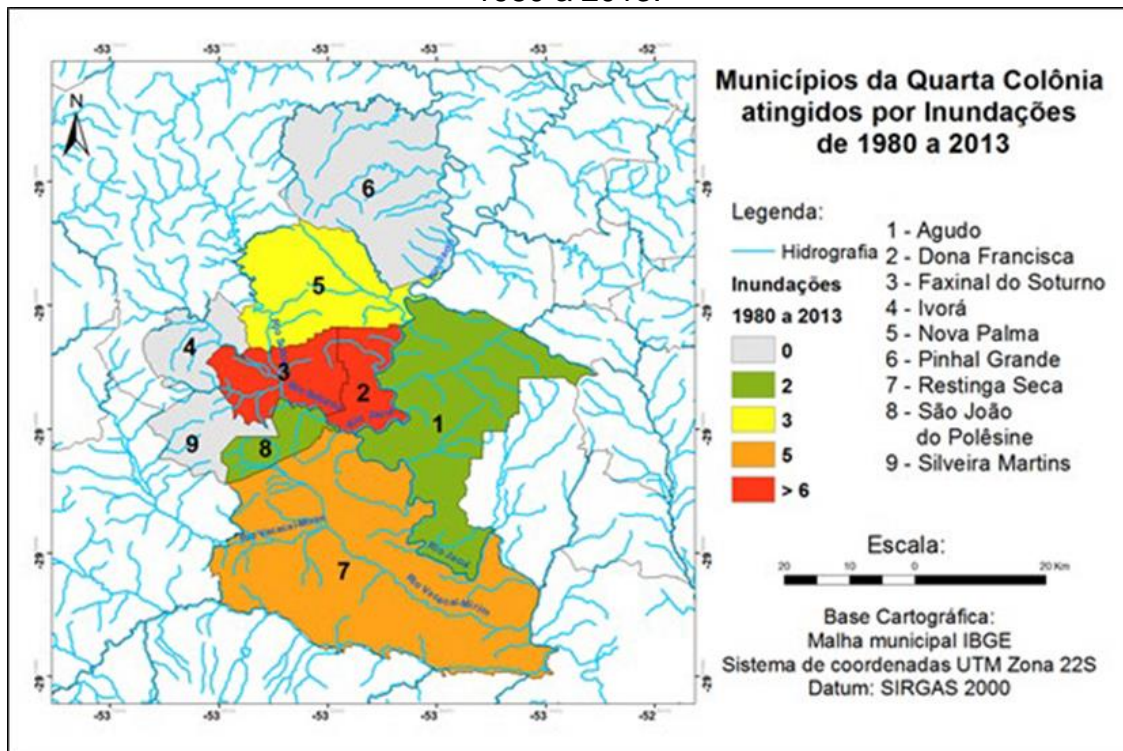
Segundo UN-ISDR (2004) “as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica”.

De acordo com o Ministério das Cidades/IPT (2007, apud AMARAL & RIBEIRO, 2009, p. 42) “Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea”. Nesta abordagem os termos “enchente” e “inundação” são dissociados.

As denominadas inundações graduais ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoam-se gradualmente. Estão associadas às precipitações frontais, que geralmente, são de maior duração e atuam sobre grandes áreas. As precipitações do tipo convectivo são chuvas de curta duração e alta intensidade. Estas precipitações, geralmente, atingem áreas relativamente menores e são responsáveis pelo aumento de vazão muito rápido, pelo que são definidas como inundações bruscas ou enxurradas pela Defesa Civil.

As inundações afetaram seis dos nove municípios da região. No total foram detectados 25 eventos deste tipo, em 13 eventos foi decretada situação de emergência pelos municípios. Além disso, as inundações são o segundo tipo de desastre mais recorrente na região. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos eventos de inundações na região de estudo.

Figura 2 - Mapa dos municípios da Quarta Colônia atingidos por inundações de 1980 a 2013.



Fonte: elaborado pelos autores.

De forma geral, os documentos denominados como AVADAN (Avaliação de Danos) da Defesa Civil Estadual, apontam que os danos ocasionados por inundações na região são: pessoas desabrigadas ou desalojadas, prejuízos econômicos referentes ao setor agropecuário bem como danos nas estradas e pontes, que por vezes acabam isolando algumas comunidades durante estes eventos.

Os municípios mais afetados foram de Faxinal do Soturno e Dona Francisca, localizada na porção de relevo de colinas com amplas áreas com influência dos rios Soturno e Jacuí.

No município de Faxinal do Soturno foram registrados sete eventos referentes à inundação. Destes, em quatro ocasiões foi decretada Situação de Emergência (Tabela 1). A área do município de Dona Francisca foi afetada por seis eventos de inundação, no intervalo temporal analisado, sendo que, em três eventos foram decretadas Situação de Emergência (Tabela 2).

Tabela 1 - Inundações no município de Faxinal do Soturno de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1982	Agosto	
1982	Outubro	
1983	Julho	Situação de Emergência
1994	Maio	Situação de Emergência
1998	Abril	Situação de Emergência
2010	Janeiro	Situação de Emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 2 - Inundações no município de Dona Francisca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1983	Maio	
1983	Julho	Situação de emergência
1994	Maio	Situação de emergência
1998	Fevereiro	Situação de emergência
2009	Dezembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

O município de Restinga Seca foi afetado por um total de cinco eventos de inundações, associado ao extravasamento das águas do canal do Rio Vacacaí-Mirim, sendo que, em duas ocasiões foi decretada situação de emergência (Tabela 3).

Tabela 3 - Inundações no município de Restinga Seca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1983	Julho	Situação de emergência
1984	Maio	
2009	Novembro	
2010	Janeiro	Situação de emergência
2010	Junho	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

As inundações no município de Nova Palma totalizaram três eventos, destes, apenas em um foi decretada Situação de Emergência, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Inundações no município de Nova Palma de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1983	Julho	Situação de emergência
2003	Julho	
2009	Novembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Os municípios de Agudo e São João do Polêsine foram afetados por dois eventos de inundações. Em Agudo (Tabela 5), nos dois eventos foi decretada Situação de Emergência pelo município. Entretanto, a retirada de habitações das áreas mais vulneráveis eliminou o risco nos últimos anos. Em São João do Polêsine, o último evento ocorrido em 2010, foi decretado Situação de Emergência (Tabela 6).

Tabela 5 - Inundações no município de Agudo de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1983	Julho	Situação de emergência
1984	Maio	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 6 - Inundações no município de São João do Polêsine de 1992²⁰ a 2013.

Ano	Mês	Observação
2007	Setembro	
2010	Janeiro	Situação de Emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Na Figura 3 pode-se observar que esse evento pode ocorrer em qualquer época do ano, mas os meses de Julho, Maio e Janeiro são os mais significativos com relação a inundação. O mês de maio marca uma reconfiguração de uma condição de verão, com o Hemisfério Sul mais aquecido, para condições inverniais, com a gradativa diminuição da temperatura, fortalecendo os sistemas atmosféricos atuantes no Rio Grande do Sul (SARTORI, 1993). O inverno possui maiores condições do ponto de vista dinâmico da atmosfera de ocorrer inundações, uma vez que os centros de ação encontram-se mais fortalecidos, gerando intensas frontogêneses, que podem apresentar vários tipos de

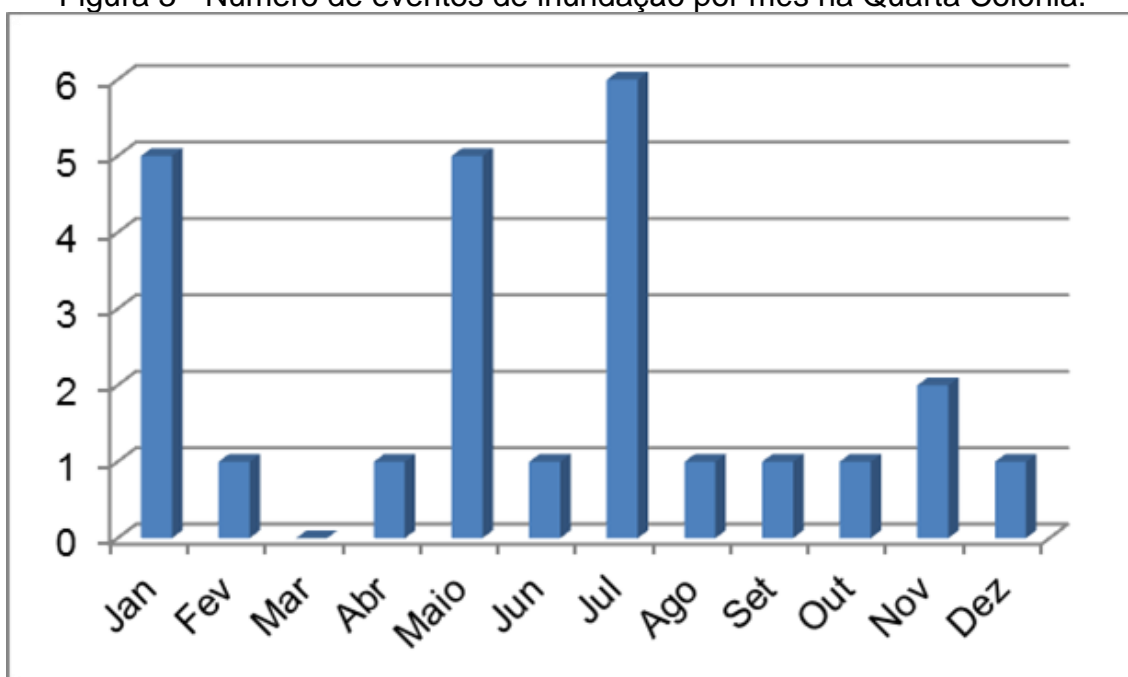
²⁰ O intervalo temporal analisado em São João do Polêsine começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Faxinal do Soturno.

deslocamento, e como consequência, vários tipos de sucessão do tempo geradores de desastres (SARTORI, 1993). Em janeiro as precipitações estão associadas a chuvas convectivas, devido ao maior aquecimento.

Além disso, a Figura 4 mostra que o ano de 1983 foi um marco quando se analisam desastres por inundações na região, pois neste ano estes desastres ocorreram em todos os municípios que são afetados por inundações na região, totalizando seis eventos, com decretos de emergência, todos no mês de julho.

Este ano foi caracterizado pelo domínio do evento denominado “El Niño”. Dentre as escalas geográficas de clima que podem interferir na circulação atmosférica responsável pela gênese das inundações, pode-se destacar a regional, responsável pela sucessão de massas de ar e correntes perturbadas sobre uma região e a global, responsável pela formação das grandes zonas barométricas da Terra, às quais está ligada a formação do fenômeno El Niño.

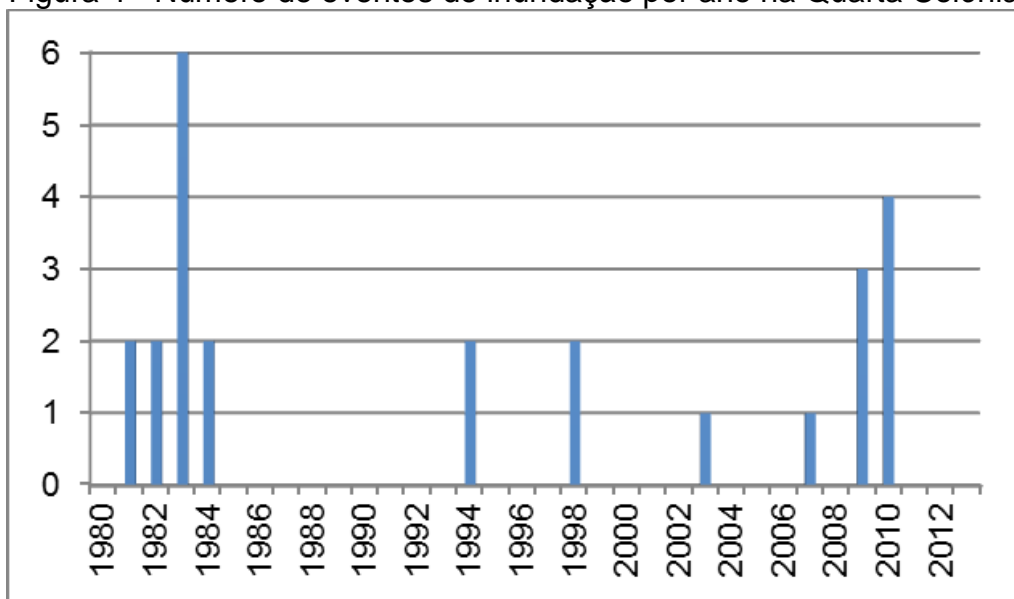
Figura 3 - Número de eventos de inundação por mês na Quarta Colônia.



Fonte: elaborado pelos autores.

Com a ocorrência deste evento, é sabido que o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) fortalece-se e impede, em muitos casos, o avanço das frentes polares para latitudes mais baixas, podendo permanecer por vários dias sobre o território gaúcho, podendo gerar inundações.

Figura 4 - Número de eventos de inundação por ano na Quarta Colônia.



Fonte: elaborado pelos autores.

Enxurradas

Associada à dinâmica fluvial, também pode ocorrer a Enxurrada, que é o escoamento superficial concentrado e com grande energia de transporte (Min. Cidades/IPT, 2007).

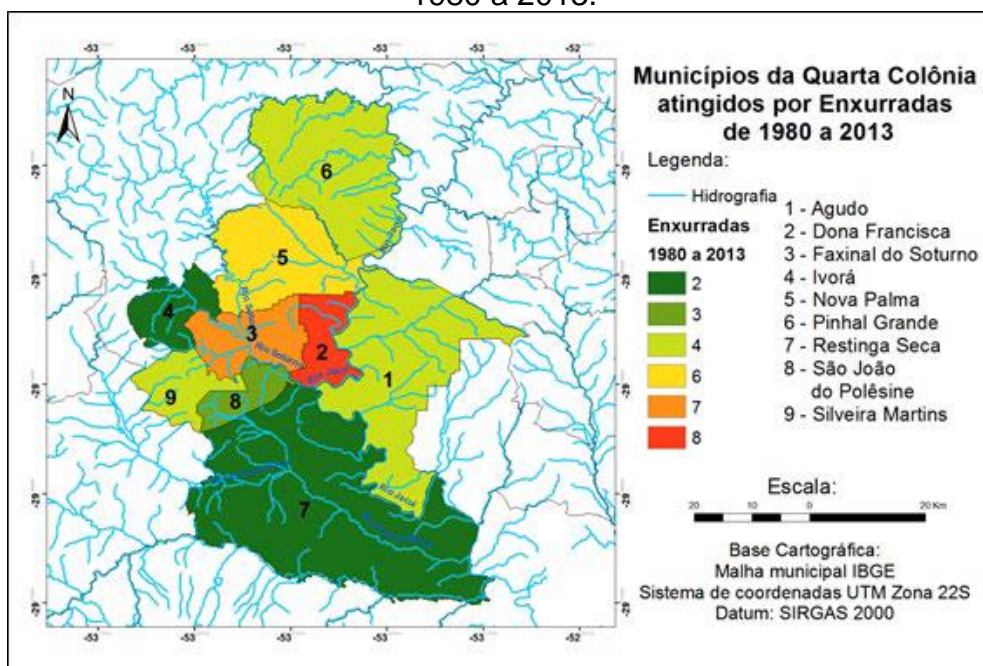
De acordo com Castro (2003), as enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, que escoam de forma rápida e intensa. Muitas vezes, ocorrem associadas a áreas mais íngremes e em bacia de tamanho médio ou pequeno, sendo que a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos.

As enxurradas possuem pico agudo, com ascensão e descenso muito rápidos, surpreendendo por sua violência e menor previsibilidade, provocando danos materiais e humanos mais intensos do que as inundações graduais.

No total, foram identificados 40 eventos, deste tipo, na região, sendo que este foi o único tipo de desastre natural que atingiu todos os municípios da região no intervalo de tempo analisado. Em 28 eventos foi decretada Situação de Emergência e as enxurradas se destacam como o tipo de desastre que mais ocorreu na Quarta Colônia neste período.

A Figura 5 representa a espacialização dos eventos de enxurrada na região da Quarta Colônia.

Figura 5- Mapa dos municípios da Quarta Colônia atingidos por inundações de 1980 a 2013.



Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com os documentos (AVADAN – Avaliação de Danos) da Defesa Civil Estadual entre os danos ocasionados por enchurradas na região pode-se citar famílias desabrigadas ou desalojadas, danos na pavimentação de ruas e rede de esgoto pluvial, destruição de pontes e trechos de estradas, interdição de estradas e prejuízos no setor agropecuário.

O município mais afetado por enchurradas, na região da Quarta Colônia, é o município de Dona Francisca que totalizou oito eventos, sendo que, em todos os desastres foi decretada Situação de Emergência (Tabela 7).

Tabela 7 - Enchurradas no município de Dona Francisca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1984	Maio	Situação de emergência
1992	Junho	Situação de emergência
1994	Maio	Situação de emergência
1997	Novembro	Situação de emergência
2001	Julho	Situação de emergência
2002	Outubro	Situação de emergência
2003	Dezembro	Situação de emergência
2010	Janeiro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Segue o município de Faxinal do Soturno (Tabela 8) que registrou sete eventos e o município de Nova Palma (Tabela 9) que foi afetada por seis desastres referentes a enxurradas. Em ambos os municípios, em três eventos, foram decretadas situação de emergência.

Tabela 8 - Enxurradas no município de Faxinal do Soturno de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1984	Maio	Situação de Emergência
1990	Novembro	Situação de Emergência
1993	Maio	
2001	Janeiro	Situação de Emergência
2005	Novembro	
2009	Dezembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 9 - Enxurradas no município de Nova Palma de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1984	Maio	Situação de emergência
1997	Novembro	
2001	Janeiro	
2001	Julho	Situação de emergência
2009	Dezembro	Situação de emergência
2010	Janeiro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 10 - Enxurradas no município de Agudo de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1997	Novembro	Situação de emergência
1998	Janeiro	Situação de emergência
2002	Outubro	Situação de emergência
2009	Novembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 11 - Enxurradas no município de Pinhal Grande de 1992²¹ a 2013.

Ano	Mês	Observação
2002	Outubro	
2003	Dezembro	Situação de emergência
2009	Dezembro	Situação de emergência
2010	Janeiro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 12 - Enxurradas no município de Silveira Martins de 1987²² a 2013.

Ano	Mês	Observação
1997	Novembro	Situação de emergência
2001	Janeiro	Situação de emergência
2002	Outubro	
2009	Novembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

No município de São João do Polêsine os eventos de enxurradas totalizam três, sendo que, em dois eventos, foi decretada Situação de Emergência (Tabela 13).

Nos municípios de Restinga Seca e Ivorá foram registrados dois eventos referentes a enxurradas. Nestes dois eventos foi decretado Situação de Emergência, como pode ser visto na tabela 14 e 15 respectivamente.

Tabela 13 - Enxurradas no município de São João do Polêsine de 1992²³ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1997	Novembro	Situação de emergência
2001	Janeiro	Situação de emergência
2002	Outubro	
2009	Novembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 14 - Enxurradas no município de Restinga Seca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1998	Janeiro	Situação de emergência
2002	Novembro	Situação de emergência

²¹ O intervalo temporal analisado em Pinhal Grande começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Júlio de Castilhos.

²² O intervalo temporal analisado em Silveira Martins começa a partir da emancipação do município, no ano de 1987, anteriormente pertencia a Santa Maria.

²³ O intervalo temporal analisado em São João do Polêsine começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Faxinal do Soturno.

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 15 - Enxurradas no município de Ivorá de 1988²⁴ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1990	Novembro	Situação de emergência
2001	Janeiro	Situação de emergência

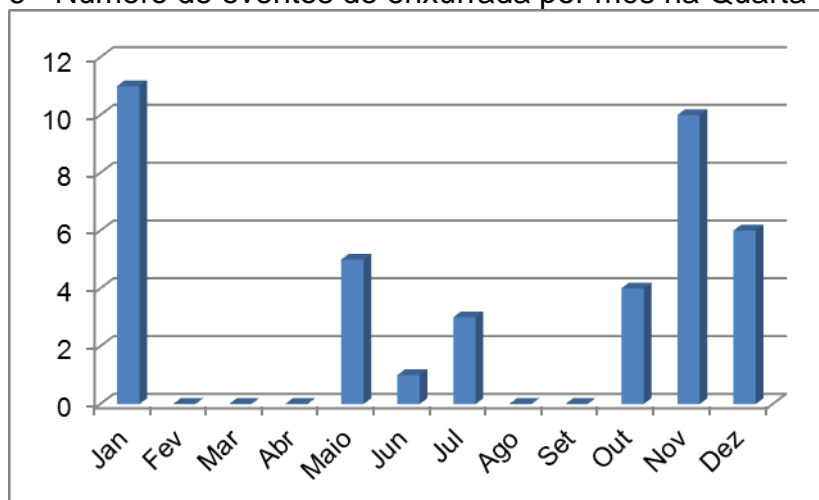
Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

As enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, como a região de estudo, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, normalmente em bacias ou sub-bacias de médio e pequeno porte, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.

No Figura 6 pode-se observar que esse evento pode ocorrer em qualquer época do ano, mas os meses de Janeiro, Novembro e Dezembro são os mais significativos com relação a enxurrada, por se caracterizarem por meses onde ocorrem, significativas, chuvas convectivas.

Ainda, como podemos ver o Figura 7, os anos de 2001, 2002 e 2009 foram anos que se destacaram quando se analisam os desastres por enxurradas na região, em especial o ano de 2001 que totalizou 8 eventos, com decretos de emergência.

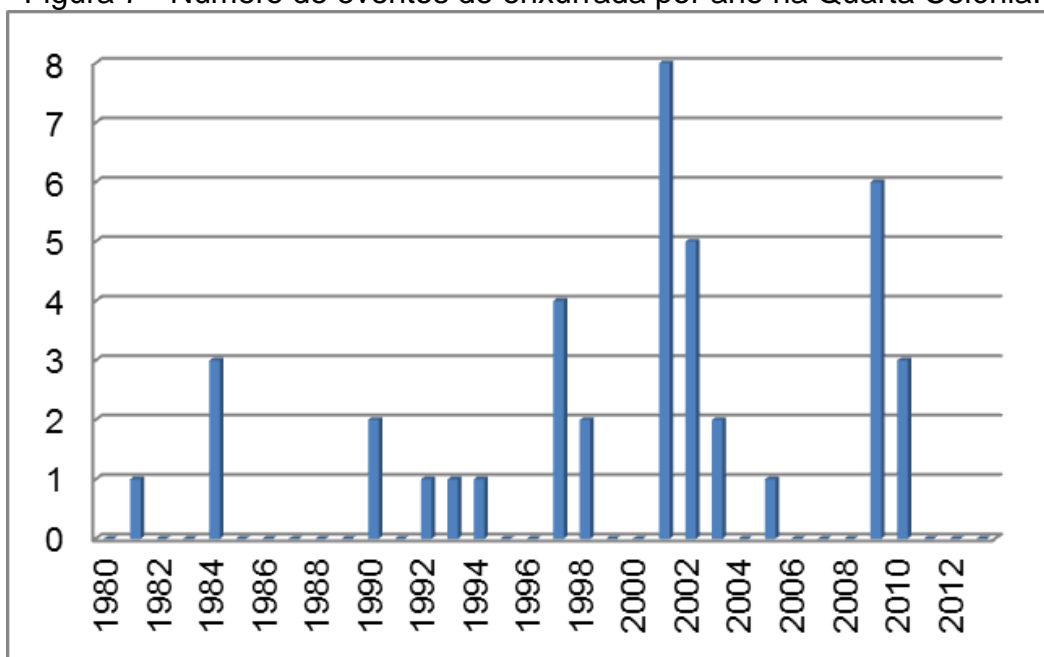
Figura 6 - Número de eventos de enxurrada por mês na Quarta Colônia.



Fonte: elaborado pelos autores.

²⁴ O intervalo temporal analisado em Ivorá começa a partir da emancipação do município, no ano de 1988, anteriormente pertencia a Júlio de Castilhos.

Figura 7 - Número de eventos de enxurrada por ano na Quarta Colônia.



Fonte: elaborado pelos autores.

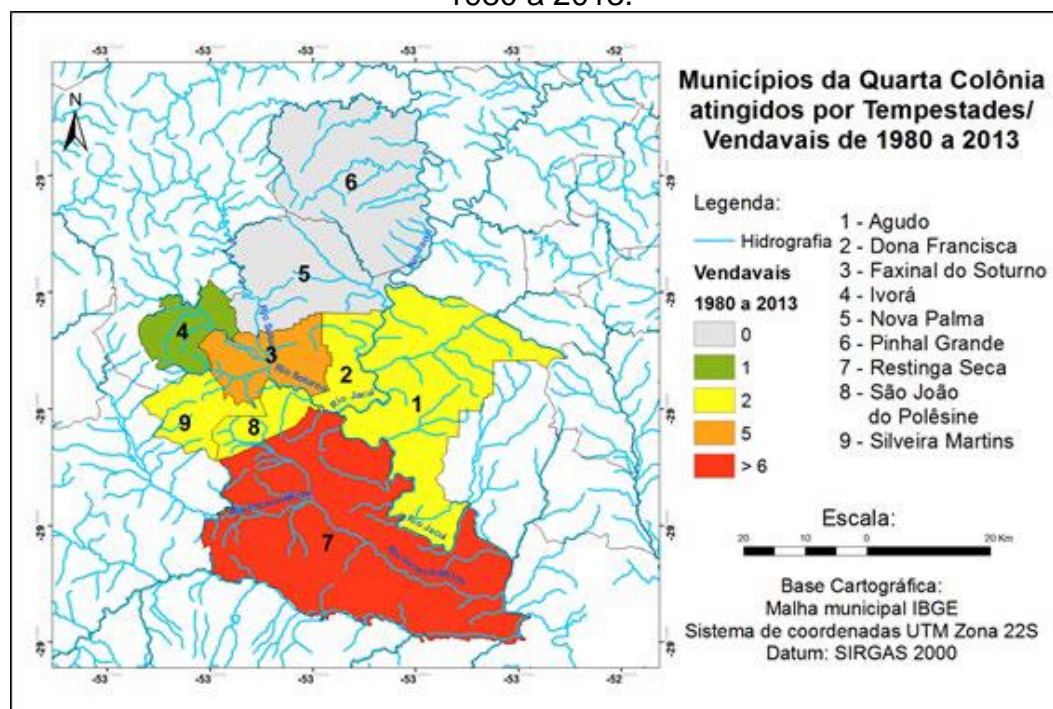
Tempestades ou Vendavais

As tempestades ou vendavais, de acordo com Castro (1999), consistem no deslocamento violento de uma massa de ar de uma área de alta pressão para uma área de baixa pressão. Muitas vezes, ocorrem associadas à passagem de frentes frias, sendo que sua força será tanto maior quanto maior for a diferença de pressão das massas de ar em frontogênese.

De acordo com Ayoade (1996), as tempestades são fenômenos meteorológicos localizados, com diâmetro menor que 25 quilômetros e duração que varia de uma a duas horas. O autor coloca ainda que “as tempestades desenvolvem-se onde há massas de ar úmidas, quentes e instáveis em camadas verticais consideráveis, de aproximadamente 8000 metros”. No geral, a maioria das tempestades é de origem convectiva e resultante de intenso aquecimento solar do ar próximo da superfície.

Este tipo de processo perigoso ocorreu em sete dos nove municípios da região, totalizando 23 eventos, ao longo do intervalo temporal analisado, sendo que em 16 foram decretadas Situação de Emergência por seus municípios. A Figura 8 representa a espacialização dos eventos referentes a vendavais na região da Quarta Colônia.

Figura 8- Mapa dos municípios da Quarta Colônia atingidos por vendavais de 1980 a 2013.



Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto aos danos provocados por estes eventos adversos, conforme os documentos AVADAN (Avaliação de Danos) da Defesa Civil Estadual, no geral, as tempestades ou vendavais causaram a destruição (total ou parcial) da cobertura de moradias, prédios públicos ou privados, quedas de árvores e danos à rede de energia elétrica.

Restinga Seca e Faxinal do Soturno foram os mais afetados. Os vendavais no município de Restinga Seca (Tabela 16) totalizaram nove eventos, em seis eventos foi decretada Situação de Emergência. No município de Faxinal do Soturno (Tabela 17) foram registrados sete eventos referentes a vendavais, destes, em quatro ocasiões foi decretada Situação de Emergência.

Nos municípios de Agudo (Tabela 18), Dona Francisca (Tabela 19), São João do Polêsine (Tabela 20) e Silveira Martins (Tabela 21) ocorreram dois registros de eventos de vendavais com danos. Em Silveira Martins, nos dois eventos registrados foi decretada Situação de Emergência. Em Agudo e São João do Polêsine em um evento foi decretada Situação de Emergência.

Tabela 16 - Tempestades no município de Restinga Seca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1989	Novembro	Situação de Emergência
1993	Outubro	Situação de Emergência
2000	Maio	Situação de Emergência
2000	Setembro	Situação de Emergência
2003	Março	Situação de Emergência
2003	Dezembro	Situação de Emergência
2004	Outubro	
2011	Setembro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 17 - Tempestades no município de Faxinal do Soturno de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1993	Maio	Situação de Emergência
2001	Julho	Situação de Emergência
2003	Dezembro	Situação de Emergência
2005	Novembro	Situação de Emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 18 - Tempestades no município de Agudo de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
2001	Julho	Situação de emergência
2003	Março	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 19 - Tempestades no município de Dona Francisca de 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1981	Janeiro	
1994	Maio	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 20 - Tempestades no município de São João do Polêsine de 1992²⁵ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1990	Novembro	Situação de emergência
2001	Janeiro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

²⁵ O intervalo temporal analisado, em São João do Polêsine começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Faxinal do Soturno.

Tabela 21 - Tempestades no município de Silveira Martins 1987²⁶ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1989	Setembro	Situação de emergência
2001	Julho	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Apenas um registro de desastre referente a vendaval no município de Ivorá, mas, neste evento, foi decretada Situação de Emergência (Tabela 22).

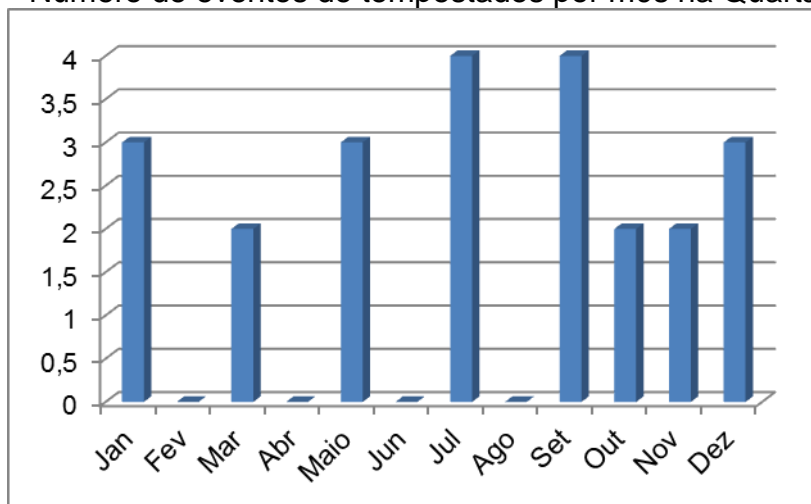
Tabela 22 - Tempestades no município de Ivorá de 1988²⁷ a 2013.

Ano	Mês	Observação
2001	Julho	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Na Figura 9 pode-se observar que esse evento pode ocorrer em qualquer época do ano, mas os meses de Julho e Setembro são os mais significativos com relação a vendavais, destaca-se a maior concentração neste período, em função da maior entrada de sistemas frontais na região.

Figura 9 - Número de eventos de tempestades por mês na Quarta Colônia.



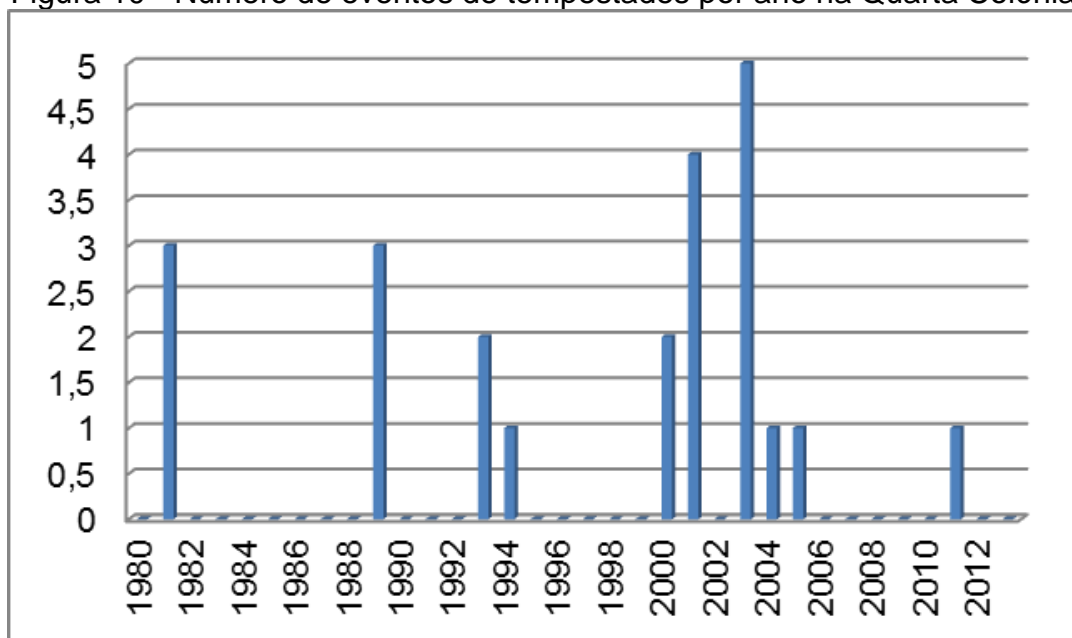
Fonte: elaborado pelos autores.

²⁶ O intervalo temporal analisado, em Silveira Martins começa a partir da emancipação do município, no ano de 1987, anteriormente pertencia a Santa Maria.

²⁷ O intervalo temporal analisado, em Ivorá começa a partir da emancipação do município, no ano de 1988, anteriormente pertencia a Júlio de Castilhos.

Além disso, a Figura 10 mostra que os anos de 2003 e 2001 foram os anos que em mais ocorreram desastres deste tipo na região, totalizando cinco e seis eventos para cada ano, respectivamente, com decretos de emergência.

Figura 10 - Número de eventos de tempestades por ano na Quarta Colônia.



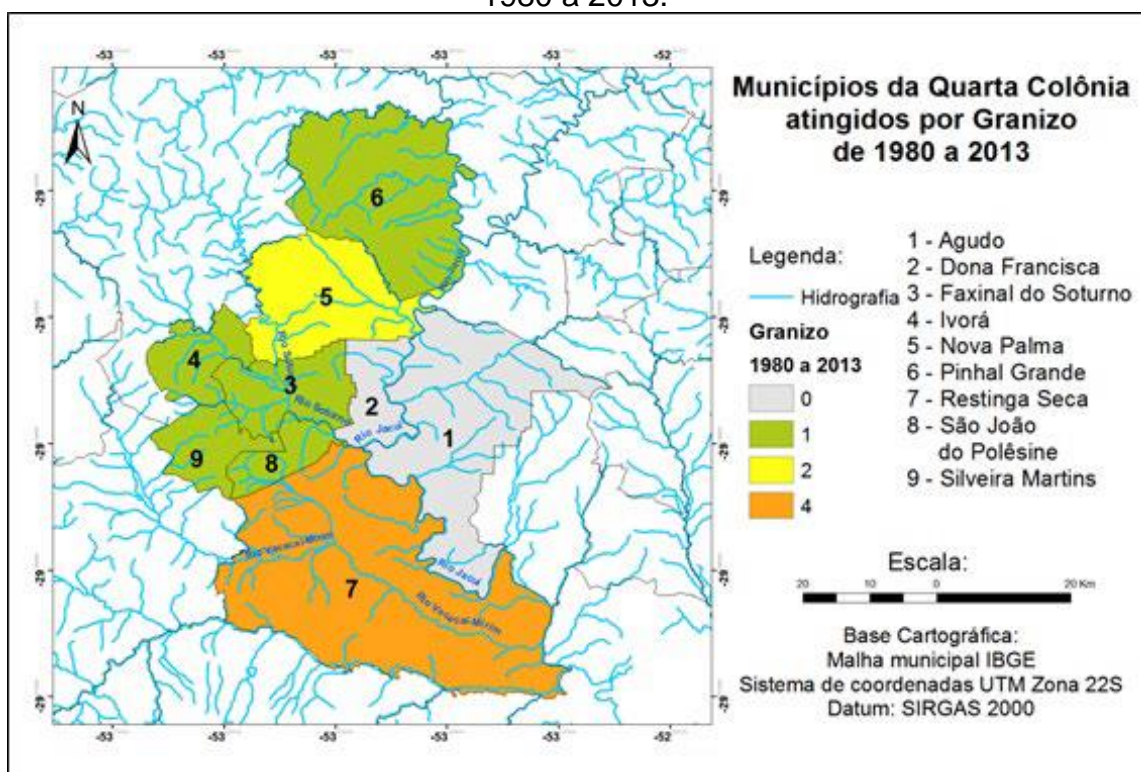
Fonte: elaborado pelos autores.

Granizo

De acordo com a Defesa Civil (2012), granizo é a precipitação sólida de grânulos de gelo, transparentes ou translúcidos, de forma esférica ou irregular, raramente cônica, de diâmetro igual ou superior a 5 mm.

O granizo é formado, de acordo com Castro (2003), em nuvens cumulonimbus, que se desenvolvem verticalmente. No interior destas nuvens ocorrem intensas correntes ascendentes e descendentes, sendo que as gotas de chuva provenientes do vapor condensado no interior da nuvem, ao ascenderem, sob o efeito das correntes verticais, congelam-se ao atingirem as regiões mais elevadas. A Figura 11 representa a espacialização dos eventos referentes a granizo na região da Quarta Colônia.

Figura 11 - Mapa dos municípios da Quarta Colônia atingidos por granizo de 1980 a 2013.



Fonte: elaborado pelos autores.

Os danos associados a este tipo de evento, conforme os AVADAN (Avaliação de Danos) estão relacionados a danos para as moradias, mas também, perdas agrícolas, considerando que é uma região, predominantemente, formada de pequenos agricultores. Dessa forma, estes danos ocorridos afetam drasticamente a economia destas famílias e do Município que enfrentarão dificuldades financeiras, para saldar seus compromissos nas instituições bancárias e comércio local.

Eventos de granizo afetaram sete municípios da região da Quarta Colônia, com um total de 11 eventos, sendo que em 5 ocorrências foram decretadas Situação de Emergência.

Como se observa na Tabela 23, o município de Restinga Seca foi o mais afetado, com quatro eventos de precipitação de granizo. Em apenas um evento foi decretada Situação de Emergência.

Tabela 23 - Granizo no município de Restinga Seca 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1994	Janeiro	Situação de Emergência
1998	Setembro	
2000	Setembro	
2004	Outubro	

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Em Nova Palma dois eventos de precipitação de granizo foram registrados no período analisado, sendo que, no último foi decretada Situação de Emergência (Tabela 24).

Tabela 24 - Granizo no município de Nova Palma 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1996	Agosto	
2001	Janeiro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 25 - Granizo no município de Faxinal do Soturno 1980 a 2013.

Ano	Mês	Observação
1997		Outubro

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 26 - Granizo no município de Ivorá 1988²⁸ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1997	Outubro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 27 - Granizo no município de Pinhal Grande 1992²⁹ a 2013.

Ano	Mês	Observação
2001	Janeiro	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Tabela 28 - Granizo no município de São João do Polêsine 1992³⁰ a 2013.

Ano	Mês	Observação
2001		Julho

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

²⁸ O intervalo temporal analisado, em Ivorá começa a partir da emancipação do município, no ano de 1988, anteriormente pertencia a Júlio de Castilhos.

²⁹ O intervalo temporal analisado, em Pinhal Grande começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Júlio de Castilhos.

³⁰ O intervalo temporal analisado, em São João do Polêsine começa a partir da emancipação do município, no ano de 1992, anteriormente pertencia a Faxinal do Soturno.

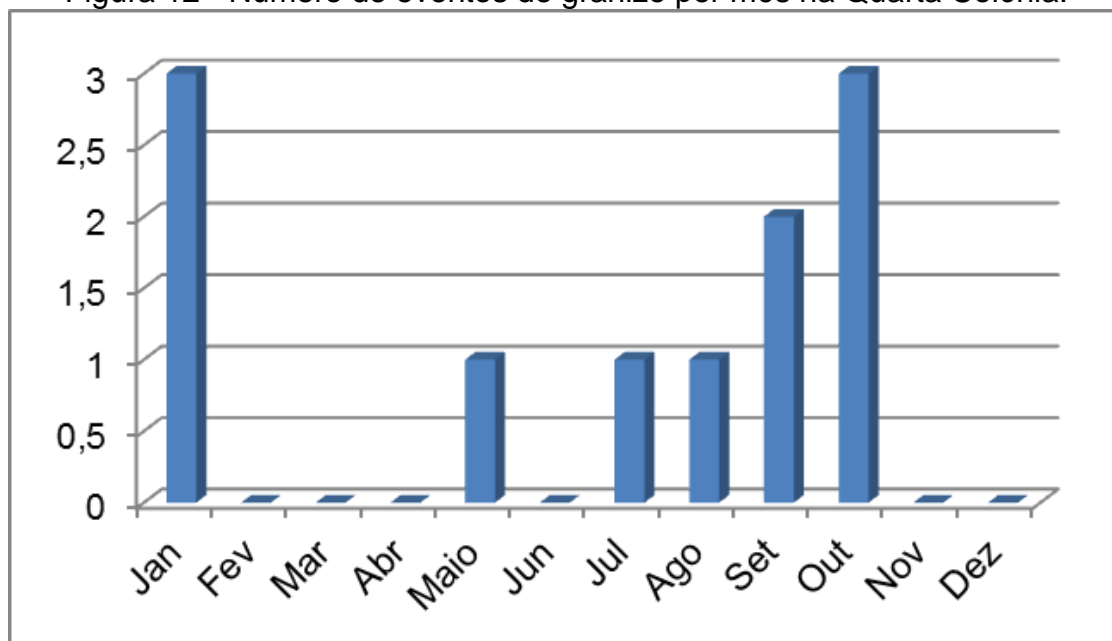
Tabela 29 - Granizo no município de Silveira Martins 1987³¹ a 2013.

Ano	Mês	Observação
1994	Maio	Situação de emergência

Fonte: Reckziegel (2007) e Defesa Civil Estadual.

Na Figura 12 pode-se observar que esse evento pode ocorrer em qualquer época do ano, mas os meses de Janeiro e Outubro são os mais significativos com relação a granizo, em cada um destes meses ocorreram três desastres.

Figura 12 - Número de eventos de granizo por mês na Quarta Colônia.

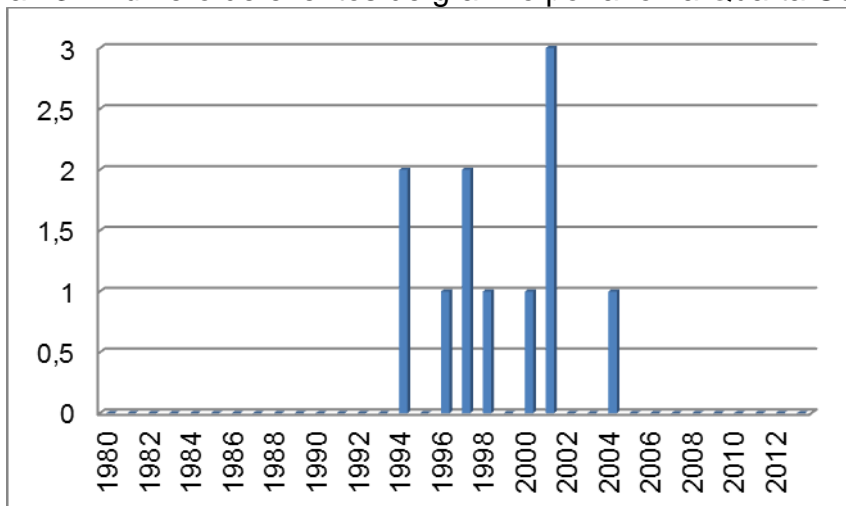


Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 13 mostra que o ano de 2001 foi o ano em que mais ocorreu este tipo de desastre na região, totalizando três eventos.

³¹ O intervalo temporal analisado, em Silveira Martins começa a partir da emancipação do município, no ano de 1987.

Figura 13 - Número de eventos de granizo por ano na Quarta Colônia.



Fonte: elaborado pelos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento de dados e de uma análise temporal/espacial dos eventos, foi possível verificar que a região da Quarta Colônia está sujeita a diversos eventos naturais hidrometeorológicos causadores de acidentes/desastres. Esses processos causam danos que muitas vezes exigem ser decretada Situação de Emergência e Estado Calamidade Pública (este último não ocorreu no intervalo de tempo em análise).

O gerenciamento exige conhecimento e, portanto, o presente trabalho contribui com dados temporais e espaciais que permitem estabelecer um cenário sobre os desastres para a região da Quarta Colônia de Imigração Italiana - RS. As discussões feitas ao longo do trabalho representam a etapa inicial para estudos de áreas de risco, servindo como base para estudos mais detalhados, como sejam os estudos acerca dos fatores condicionantes dos desastres e do zoneamento do risco.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa teve o apoio financeiro da FAPERGS e do CNPQ.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Rosângela do; RIBEIRO, Rodrigues Rogério: Inundação e Enchentes. In TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela (orgs). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, 332p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007, 87p.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1999, 173p.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de Desastres: Desastres Naturais**. Vol I. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003, 174p.

DEFESA CIVIL. **Como agir em caso de desastre, 2012**. Disponível em <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/gestao-desastres/como-agir-em-caso-de-desastres.html>> Acesso em: 10 mar. 2014.

FENALTI, Naiani Machado da Silva. **Gaspar Silveira Martins e o Município “Silveira Martins”**: Memória, Identidade e Patrimônio. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural) – Pró Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. UFSM, Santa Maria, RS.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. **Levantamento dos Desastres Naturais Causados por Adversidades Climáticas no Estado de Santa Catarina, Período 1980 a 2000**. Florianópolis: [s.n.], 2001, 92p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha Digital 2010**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> Acesso em 10 jun. 2013.

KOBIYAMA, Masato. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading , 2006. 109p.

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) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, Santa Maria - RS.

SARTORI, Maria da Graça Barros. **Clima e Percepção**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SARTORI, Maria da Graça Barros. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Terra Livre**, Ano 19 - vol. I - n. 20. p. 27-49. São Paulo, 2003.

SARTORI, Maria da Graça Barros. **A circulação atmosférica regional e os principais tipos de sucessão do tempo no inverno do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Ciência e Natura, v.15, p.69-93, 1993.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL – **Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres – S2ID**. Disponível em: <<http://s2id.integracao.gov.br/>> Acesso em: 10 mar. 2014.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres Naturais: Por que ocorrem? In: **Desastres Naturais Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

TUCCI, Carlos E. M. Água no meio urbano. In: **Água Doce no Mundo e no Brasil. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN-ISDR) – **International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction**. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em Junho de 2013.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UN-ISDR) Living with Risk - **A global review of disaster reduction initiatives**. United Nations. Geneva, Suíça. 2004. Disponível em: <http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf > Acesso em 12 de Agosto de 2015.

ZERFASS, H. **Geologia da Folha Agudo, SH.22-V-C-V**. (Cartas, mapas ou similares/Mapa). Brasília: Instituto Geológico, 2007.

GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO EM CIDADES BRASILEIRAS: PROJETOS E PROGRAMAS

Edson Luis de Almeida Oliveira; Luís Eduardo de Souza Robaina

DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X15597>

Resumo: Os episódios da dinâmica superficial causadores de risco no território brasileiro, tais como os deslizamentos, as inundações e as corridas de massa, marcaram a Geografia histórica dos desastres no Brasil. Estes eventos, que provocaram perdas significativas para a sociedade, fizeram com que estratégias de gestão e gerenciamento fossem colocadas em prática por órgãos públicos municipais, principalmente, nos grandes aglomerados urbanos. Este artigo aborda as questões relativas aos programas e projetos, relacionados ao gerenciamento de áreas de risco, no ambiente urbano, em algumas cidades brasileiras, são elas: Rio de Janeiro, Recife, Belo Horizonte, São Paulo (região metropolitana e Santos) e para as cidades localizadas no vale do Rio Itajaí em Santa Catarina. Estas cidades desenvolveram projetos e programas associados ao gerenciamento de risco que dão lugar às ações anteriormente prioritárias de agir após o desastre, fato que implicava em uma imobilidade por parte das comunidades atingidas e que acabava criando uma cultura assistencialista. A mudança que começa a ocorrer indica que a prevenção começa a ser prioritária no tratamento das áreas de risco no espaço urbano, e as comunidades inseridas no processo de construção de um espaço mais digno e seguro dentro da cidade.

Palavras-chave: Gerenciamento, Áreas de risco, Projetos e programas.

MANAGEMENT OF RISK AREAS IN BRAZILIAN CITIES: PROJECTS AND PROGRAMS

Abstract: The episodes of the surface dynamics that cause risk in Brazilian territory, such as landslides, floods and debris flows, marked the historical geography of disasters in Brazil. These events that caused significant losses to society have made management strategies to be put into practice by local government, especially in large urban areas. This article approaches issues related to the programs and projects related to the management of risk areas in the urban environment in some Brazilian cities such as: Rio de Janeiro, Recife, Belo Horizonte, Sao Paulo (Santos and metropolitan region) and cities located in the Itajai river valley in Santa Catarina. These cities have developed projects and programs associated to risk management that give the place earlier priority actions: to act after the disaster - a fact which implied no reaction from the affected communities and that ended up creating a welfare aid culture programs. The change that begins to occur indicates that prevention starts to be a priority in the treatment of high-risk areas in the urban space, and that the communities are part in the construction of a more dignified and safe space in the city

Keywords: Management, risk areas, projects and programs.

INTRODUÇÃO

No Brasil, país localizado na periferia do mundo capitalista, as perdas e danos provocados por processos da dinâmica superficial fazem parte da história dos desastres em nosso território, como os que ocorreram em 1928 em Monte Serrat (Santos-SP), provocando mais de 80 mortes; o acidente que aconteceu em janeiro de 1967 na Serra das Araras, no Rio de Janeiro (1200 pessoas morreram), assim como a destruição de dezenas de casas, várias rodovias avariadas e a destruição de uma usina hidrelétrica. O desastre no Vale do Rio Itajaí em Santa Catarina, em novembro de 2008, também provocou a morte de dezenas de pessoas e milhões em danos ao patrimônio público e privado.

Entretanto, somente após as fortes chuvas que desencadearam um dos maiores desastres da história recente do país, e levou ao óbito mais de 900 pessoas na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, que houve uma profunda reorientação na esfera da Defesa Civil em âmbito federal, com a Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Essa nova legislação estabelece que atividades de gestão e gerenciamento de áreas risco apresentam um papel importante no equacionamento das áreas de risco em nossos municípios.

Os episódios de deslizamentos, de inundações e corridas de massa que marcaram a Geografia histórica dos desastres no Brasil, fizeram com que estratégias de gestão e gerenciamento fossem colocadas em prática por órgãos públicos municipais, principalmente, nos grandes aglomerados urbanos. Este artigo aborda as questões relativas aos programas e projetos, relacionados ao gerenciamento de áreas de risco, no ambiente urbano, em algumas cidades brasileiras, são elas: Rio de Janeiro, Recife, Belo Horizonte, São Paulo (região metropolitana e Santos) e para as cidades localizadas no vale do Rio Itajaí em Santa Catarina.

Definição de Risco

O planeta Terra possui uma dinâmica própria, resultado de processos endógenos (associados ao tectonismo e vulcanismo) e processos exógenos (vinculados à atmosfera e hidrosfera) e recentemente, na história evolutiva, o homem como um ser, vivendo em sociedade, capaz de modificar profundamente a paisagem.

A noção do risco só pode ser compreendida quando existe a probabilidade de um determinado evento provocar danos e perdas em sua inter-relação com a sociedade e seus bens materiais. De acordo com Marandola Jr. & Hogan (2004, p.100), “Risco (risk) é utilizado pelos geógrafos como uma **situação**, que está no futuro e que traz a incerteza e a insegurança”.

Para que exista o risco, é necessário a existência de um grupo social com um certo grau de vulnerabilidade. Sendo assim, o risco como categoria de análise é uma construção humana.

O risco é derivado da relação dinâmica e dialética entre as ameaças físicas e as múltiplas vulnerabilidades de uma sociedade ou de um componente

particular desta (LAVELL, 2003). Com a presença da sociedade e suas construções em todo planeta, os eventos naturais, associados a diversos graus de vulnerabilidade, vem provocando grandes perdas econômicas e, não raramente, a perda de vidas.

As áreas de risco na sociedade dos países periféricos constituem-se em um problema sério, principalmente, para os grupos sociais excluídos e segregados no espaço urbano. Por apresentarem um acesso diferencial à renda, são impelidos a ocuparem terrenos que apresentam grande suscetibilidade aos processos da dinâmica superficial. Conforme destaca Coelho (2001, p.28), “as cidades historicamente localizaram-se às margens dos rios. A incidência das inundações motivou as classes médias e altas a se afastarem das áreas urbanas delimitadas como áreas de risco. As inundações continuam a vitimar as classes pobres”.

Para Nogueira (2006, p. 29), “o termo risco indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas ou bens materiais). É uma condição potencial de ocorrência de um acidente”, sendo expresso pela seguinte equação: $R=P(fA)*C(fV)*g-1$,

*...+ onde risco R representa a probabilidade P de ocorrer um fenômeno físico (ou perigo) A, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências C (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade V dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento g (NOGUEIRA, 2006, p.29).

Em publicação da UNISDR (2009, p. 29) o risco (*riesgo*) é definido como “*la combinación del a probabilidadde que se produzca um evento y SUS consecuencias negativas.*”

Assim podemos definir o risco como a probabilidade de que estruturas construídas, atividades produtivas, assim como a população possam sofrer algum dano ou perda em função de um processo da geodinâmica, quando essas situações se materializam no espaço temos um acidente, que dependendo da proporção e da intensidade das perdas e danos pode caracterizar um desastre.

Gestão e Gerenciamento de Áreas de Risco

A gestão de risco deve compreender atividades de planejamento, organização e participação dos atores envolvidos, ou seja, os órgãos estatais responsáveis por ações de planejamento, instituições públicas de ensino e pesquisa e a sociedade civil organizada, por meio de ONGs e associações comunitárias.

Estratégias de gestão devem conter ações no sentido de incrementar a capacidade da comunidade para transformar as condições perigosas e reduzir a vulnerabilidade, englobando estratégias mais amplas do que somente assistência e a recuperação pósdesastre.

Conforme a terminologia utilizada pela UNISDR (2009), a gestão do risco de desastre é um processo sistemático de utilizar diretrizes administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para executar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, com a finalidade de reduzir o impacto adverso de ameaças³² naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

Souza & Rodrigues (2004) e Souza (2004) afirmam que gestão e planejamento não são termos “intercambiáveis”, pois estes referem-se a atividades diferentes por possuírem referenciais temporais distintos.

O que difere a gestão do planejamento é que a gestão constitui-se em uma atividade que se associa ao presente, uma situação imediata dentro de uma determinada conjuntura (Souza & Rodrigues, 2004).

Assim, um determinado espaço urbano é tanto objeto do planejamento, seja ele qual for, quanto alvo da gestão, é a escala temporal que os difere de acordo com os autores citados. Para Souza (2004, p.46), “o planejamento é a preparação para a gestão futura”, assim, a gestão, pelo menos em parte, é a efetivação das atividades de planejamento.

Conforme Bitar (2010), os termos “gestão”, “gerenciamento”, “administração” e “manejo ambiental” são correlatos ao termo “gestão ambiental” encontrados na literatura técnica relacionada. E eles mudam “*...+ de acordo com o campo do conhecimento técnico-científico do qual se originam e

³² No documento intitulado “Terminologia sobre a redução de risco de desastre”, a UNISDR considera o termo ameaça como sinônimo para o termo perigo.

fundamentam os métodos e técnicas correspondentes, ou com o setor econômico em que se aplicam” (BITAR, 2010, p.91).

Desta forma, para Nogueira (2002, p.13), “o gerenciamento de riscos é um dos instrumentos de gestão urbana que ganha destaque neste momento de intenso debate sobre as alternativas para a crise das cidades”. Associado com outras políticas públicas para o ambiente urbano, pode ser de grande utilidade para reduzir os níveis atuais de perdas em função de acidentes e desagregação socioespacial. O autor afirma que o gerenciamento de riscos urbanos requer uma postura transdisciplinar, pois, na atualidade e neste campo específico, nenhum profissional pode restringir-se apenas a sua própria formação acadêmica para desenvolver suas atividades.

Gerenciamento, na concepção aqui adotada, envolve o conjunto de ações de organização e operação institucional para o tratamento de situações de risco existentes, no âmbito da competência e atribuição do órgão público que o executa. A participação da sociedade civil em fóruns responsáveis por realizar atividades de planejamento e gestão é de fundamental importância para uma real eficiência das medidas adotadas.

Conforme Rebelo (2008), em primeiro lugar, a gestão do risco exige o conhecimento do processo potencialmente perigoso, como também de todo o trabalho humano que o possa intensificar. Em seguida, exige o conhecimento de como a população está distribuída pela área a ser atingida, potencialmente, pelo desencadear de um processo, ou seja, o conhecimento do grau de exposição ao processo (op. cit).

Compreende-se que o gerenciamento de risco constitui-se em uma atividade da gestão ambiental urbana que procura, através de atividades sistemáticas, equacionar os cenários de risco em nossas cidades. Assim, esse gerenciamento envolve atividades de diagnóstico, mapeamento e hierarquização dos problemas, com o intuito de estruturar atividades de redução de risco e prevenção que reduzam as perdas. A gestão do risco deve ter os seguintes pressupostos:

EVITAR a formação de áreas de risco (preventivas)

- Mapeamento e zoneamentos dos riscos
- controle efetivo do uso do solo (plano diretor)

REDUZIR/MINIMIZAR os problemas (remediadoras)

- agindo sobre o processo
- agindo sobre a consequência

CONVIVER com os problemas (emergenciais)

- planos de contingência (PPDC)

Para isso, as ações se dividem em:

ESTRUTURAIS

- Obras de contenção, drenagem, proteção superficial
- Reurbanização
- Relocação de moradias e população

NÃO-ESTRUTURAIS

- Cartas geotécnicas e de risco
- Planos Preventivos de Defesa Civil
- Educação e capacitação
- Planejamento urbano

Exemplos de Ações Não-Estruturais no Gerenciamento de Risco de Desastres em Cidades Brasileiras

Em virtude do histórico dos eventos e acidentes ocorridos no espaço urbano de algumas cidades brasileiras, projetos e programas foram criados com o intuito reduzir as perdas e danos desencadeados pelos processos da dinâmica superficial, a seguir apresenta-se alguns exemplos.

Rio de Janeiro

As atividades efetivas de gestão de risco, na cidade do Rio de Janeiro, começaram após os eventos catastróficos de 1966. Este desastre fez com que o governo do então estado da Guanabara criasse um órgão específico para o gerenciamento de riscos de escorregamentos na cidade, o Instituto de Geotécnica, atual fundação GEO-RIO, órgão da Secretaria Municipal de Obras.

Os episódios de deslizamentos e de inundações que marcam a história da cidade do Rio de Janeiro levaram à criação de um sistema de alerta, que vai ao encontro das atuais políticas de gerenciamento de risco.

O sistema Alerta Rio³³ (Sistema de Alerta de Chuvas Intensas e de Deslizamentos em Encostas da Cidade do Rio de Janeiro) foi criado em 25 de Setembro de 1996, pelo Decreto N°15142, e tem por objetivo o monitoramento das condições meteorológicas em tempo integral, possibilitando a emissão de boletins de alerta de chuvas e escorregamento. Esse sistema realiza a transmissão de dados para uma central a cada 15 minutos (WALDHEIM, 2006). Os alertas são emitidos de acordo com a seguinte metodologia: para divulgação da mudança dos estágios de chuvas intensas e probabilidade de escorregamentos, são emitidos boletins para órgãos públicos municipais e para rádios e emissoras de TVs da cidade do Rio de Janeiro. Atualmente, o sistema Alerta Rio mantém seu objetivo inicial, ou seja, o alerta de escorregamentos para a cidade do Rio de Janeiro.

Apesar das ações de gerenciamento citadas, a história recente comprova que ainda existe muito a ser feito em termos de gestão e gerenciamento de riscos para o estado do Rio de Janeiro, especialmente no que se refere à atualização dos mapas de risco, medidas estruturais localizadas e amplas como reassentamento de moradias.

Gerenciamento de Risco em BeloHorizonte/MG

Conforme Prudente & Reis (2009, p.1), a ocupação da cidade de Belo Horizonte acelerado fez com que a população de baixa renda habitasse áreas impróprias para ocupação, como beira de córregos, encostas de declives acentuados.

*...+ foi concebida de forma planejada, inicialmente o projeto pretendia concentrar a população dentro da área da avenida do Contorno, entretanto, o crescimento

Segundo Xavier et al. (1996) apud Prudente & Reis (2009), os riscos mais frequentes no município de Belo Horizonte estão associados às inundações, erosões, desmoronamentos e deslizamentos de encostas.

No ano de 1983 foram registrados 722,5mm de chuva, 426mm acima da média histórica. Ao longo do mês, as chuvas favoreceram a ocorrência de

³³ Os dados fornecidos pelo Alerta Rio podem ser consultados em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/>

deslizamentos e inundações, que resultaram em danos humanos e materiais à população (PEREIRA & REIS, 2009).

Em 1979, foi registrado um índice pluviométrico de 769 mm de chuvas que atingiram Belo Horizonte causando uma situação de calamidade pública (PEREIRA&REIS, 2009, p.6). Segundo os autores, foram mais de 3500 pessoas desabrigadas e 300 mortos em todo o estado de Minas Gerais, sendo 16 na capital.

A estação chuvosa de 2002/2003, que provocou a morte de 16 pessoas e, no mesmo período em 2003/2004 (REIS et al, 2004).

Nos eventos que atingiram o estado de Minas Gerais no período chuvoso do verão de 2011/12, de acordo com o boletim N°53 da Defesa Civil de Minas Gerais do dia 22/02/2012, 234 municípios decretaram Situação de Emergência, 34 comunicaram à Defesa Civil terem sido atingidos por evento adverso, mas não decretaram Situação de Emergência, 19 óbitos foram confirmados, 245 feridos, 9.507 pessoas desabrigadas e 103.753 desalojadas. Conforme a Defesa Civil-MG, em todo o estado, 3.538.274 pessoas foram afetadas.

Com esse histórico, é desenvolvida em Belo Horizonte uma das experiências mais significativas sobre gestão de áreas de risco em municípios brasileiros, o **Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR**.

Desenvolvido pela URBEL (Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte), o PEAR surgiu em 1993, segundo Pereira (2007, p.12), e constitui-se em um “programa de assistência técnica às famílias moradoras em áreas de risco, de caráter contínuo, com ações nas áreas física e social”.

Ainda conforme o autor (op.cit, p. 13), o PEAR é um

Programa da **Política de Habitação de Belo Horizonte** que visa diagnosticar, prevenir e minimizar situações de risco geológico. Possui como premissa a convivência com o risco, mediante ações e procedimentos de redução do risco, através da diminuição tanto da probabilidade quanto dos danos associados a acidentes. Foca a atenção no gerenciamento do problema, sem deixar de investir em intervenções físicas.

O modelo de gestão adotado na execução do PEAR-BH consiste em uma política centralizada com ações regionalizadas, na qual se realizam vistorias individualizadas por equipes multidisciplinares, conforme Pereira (2007, p.14), o PEAR estrutura-se através de uma “gestão compartilhada e de proximidade;

Gestão articulada com outros órgãos municipais e estaduais – GEAR.; Investimento em ferramentas de planejamento urbano/ análise dos resultados: Diagnóstico das áreas de risco, PMRR, balanços semestrais discutidos com a comunidade”.

Sendo que em 1994/95 foi realizado o 1º Diagnóstico de Risco Geológico da cidade de Belo Horizonte, em 2005, foi elaborado o Plano Municipal de Redução de Risco – PMRR, com 80% dos recursos financiados pelo Ministério das Cidades e 20% com recursos da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, foram mapeadas 195 vilas e constataram-se 5.372 moradias em risco alto e muito alto de escorregamento e solapamento, sem contabilizar as inundações (PEREIRA, 2007).

A gestão de risco em Belo Horizonte acontece de forma contínua e intensifica-se nos períodos chuvosos, com a realização de vistorias e intervenções pontuais quando necessário, prestando assistência técnica e social às famílias inseridas em áreas de risco.

O Programa Estrutural em Áreas de Risco tem entre seus principais objetivos: diagnosticar, controlar, prevenir e minimizar as situações de risco na cidade. É um dos mais reconhecidos no Brasil, diminuindo a vulnerabilidade das populações. Entretanto, como acontece com outras cidades, a questão estrutural mais importante, que está ligada à distribuição efetiva da renda, está longe de ser resolvida, acarretando novos desastres todos os anos.

Gerenciamento de Risco em São Paulo (Região Metropolitana e Santos)

Colocando em questão o problema dos escorregamentos no território brasileiro, Augusto Filho (1994, p.4) destaca a urbanização e “o empobrecimento geral da população, que contribuem para a instalação de situações de risco nas cidades, a partir da ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a escorregamentos sem os critérios técnicos mínimos recomendados”.

Na região serrana do estado de São Paulo, os acidentes associados à instabilização das vertentes são comuns e destacam-se principalmente após a segunda metade do século XX, quando o estado de São Paulo passa por um forte processo de urbanização, vinculado principalmente ao crescimento econômico do setor industrial e coincide com a fase de grande crescimento da população urbana brasileira.

Conforme destacam Amaral & Fuck (1973) apud Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2002), o evento de “corrida de lama”, que atingiu a Vila Albertina em Campos do Jordão em 1972, é um dos eventos significativos, o qual demonstra esse processo de urbanização precária

No dia 18 de agosto de 1972, às 8:15h da manhã, verificou-se um deslizamento de cerca de 70.000 metros cúbicos de lama altamente aquosa e rica em matéria orgânica de origem vegetal, numa vila operária chamada Vila Albertina, situada quase 2 km a sudoeste da entrada principal para Campos do Jordão, município do Estado de São Paulo. Amaral & Fuck (1973) apud IPT (2002, s/p)

Nove anos depois, segundo IPT (2002), o acidente provocado pelos movimentos gravitacionais de massa que ocorreram em Campos do Jordão no início do ano de 2000 pode ser considerado como um dos mais impressionantes já ocorridos em áreas urbanas no Brasil. O evento que no período crítico de chuvas, entre o dia 31/12/99 e o dia 04/01/00, acumulou um total pluviométrico de 453,2 mm atingiu bairros populares e nobres da cidade, mas também se estendeu para além do limite urbano, atingindo ainda taludes de rodovias, estradas de terra e vertentes da região rural do município (op.cit.). Esse evento causou a morte de 10 pessoas e a destruição de muitas moradias (OGURA; SILVA & VIEIRA, 2004).

Os acidentes que ocorreram em 2000 na cidade Campos de Jordão e região levaram o Governo do Estado de São Paulo a estender a área de atuação do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC para a região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira (IPT, 2002).

Após esse desastre, o governo municipal contratou o IPT para realizar trabalhos de mapeamento de risco de processos de escorregamentos

com objetivo geral, a produção de subsídios técnicos para a montagem de um Plano Municipal de Gerenciamento de Áreas de Risco de Escorregamentos. Esse plano nortearia as ações municipais de controle da ocupação de encostas e de recuperação e melhoria das condições de habitação das vilas operárias gravemente atingidas pelos acidentes de 2000. (OGURA; SILVA & VIEIRA, 2004, p. 46)

A cidade de São Paulo é o maior centro urbano do país e também o polo gravitacional da economia brasileira. Caracterizada por um rápido crescimento populacional após a década de 1970, a cidade enfrenta hoje sérios problemas

associados à ocupação de áreas susceptíveis aos processos da dinâmica superficial.

Conforme Chakarian (2008), até meados da década de 1970, a área urbana do município de São Paulo concentrava-se em terrenos da bacia sedimentar, onde, pela característica de relevo pouco íngreme, não ocasionava maiores riscos. Citando Freire (2006), a autora relata que esse quadro se altera com a substituição do modelo de crescimento urbano, o qual anteriormente era baseado em padrões precários, contando com territórios extensivos e a autoconstrução da casa própria, passando por um processo de favelização do espaço urbano (CHAKARIAN, 2008).

Conforme PREFEITURA DE SÃO PAULO (s/d), entre 1930 e 1980, a mancha urbana paulistana foi quintuplicada, passando de 355 km² para 1370 km². A expansão urbana da cidade ocorre de forma a atender o interesse do setor imobiliário, pois “preservando vazios entre novos loteamentos e os anteriores, já dotados de infraestrutura, de modo a valorizá-los através da implantação de melhorias públicas para atender o ponto extremo loteado” (op.cit.).

De acordo com Taschner (2000) e Marques et al. (2003), o número de habitantes em ocupações informais cresceu, na Grande São Paulo, de forma significativa a partir da década de 1980. “Na cidade de São Paulo, mais de 30% dos moradores, ou seja, cerca de 3 milhões de pessoas vivem em condições de alguma precariedade urbana” (SEHAB-SP, 2010, p.10). Os moradores dessas localidades “vivem em áreas precárias conhecidas como favelas, cortiços ou loteamentos irregulares. Desvinculadas da chamada “cidade formal” são exemplos inequívocos da desigualdade no espaço urbano” (SEHAB-SP, 2010, p.10).

Kowarick (2009), refletindo sobre o processo de construção da moradia própria, destaca que, em função do elevado custo do preço da terra na capital paulista, o qual subiu em média mais de 150% no período de 1959 e 1980, a autoconstrução da moradia tornou-se mais cara na capital, “o que fez o número de moradores em favelas crescer rapidamente a partir de 1980, quando passa a ocorrer sua urbanização” (KOWARICK, 2009, p.170).

Destacando que a expansão da periferia na Região Metropolitana de São Paulo

ocorreu principalmente a partir da década de 1970 com a abertura de inúmeros loteamentos, muitos deles “clandestinos”, ou seja, projetados e vendidos sem a aprovação da municipalidade e desrespeitando a legislação de parcelamento e uso do solo (PASTERNAK & BOGUS, 2004, p.84).

Com o crescimento rápido da cidade aliado à ocupação de áreas não adequadas, em São Paulo, intensificam-se os problemas relacionados com as áreas de risco. De acordo com Chakarian (2008)

O gerenciamento de riscos durante os períodos chuvosos, no município, era voltado para os impactos gerados no trânsito, causados por inundações na região do centro expandido da capital paulistana. As análises e avaliações alcançavam, no máximo, até as marginais dos rios Tietê e Pinheiros (op.cit., p. 25).

A autora afirma que, somente a partir da década de 1980, começam a ser discutidas questões relativas à identificação das áreas de risco no município de São Paulo, inicialmente com uma abordagem de um sistema de controle para realizar a remoção da população e realizar intervenções nessas áreas. “Já no final dessa década, as áreas de risco já não estavam somente localizadas nas áreas de expansão da cidade. As invasões de terrenos públicos também geraram ocupações de risco” (CHAKARIAN, 2008, p. 26).

Refletindo sobre o histórico da ocupação urbana de São Paulo e a produção das áreas de risco, constata-se que, a partir da década de 1990, os acidentes associados aos escorregamentos tornaram-se mais frequentes e menos localizados (PREFEITURA DE SÃO PAULO, s/d).

Conforme Chakarian (2008, p. 26), “em junho de 1983, foi feito o primeiro registro de evento calamitoso envolvendo instabilização de taludes”. A autora destaca que, em 1984, o IPT elaborou a Carta Geotécnica da Grande São Paulo, que tinha por objetivo identificar os processos naturais e orientar a expansão urbana. Em 1986, foi elaborada também, por técnicos do IPT, a Carta Geotécnica do município de São Paulo e, em 1985, junto com a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo (EMPLASA), foi elaborada a carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano.

Em outubro de 1989, ocorreu um deslizamento de terra na favela Nova República, provocando a morte de 14 pessoas. A favela Nova República era um aterro de porte grande que sofreu uma ruptura em um talude de

aproximadamente 40 metros de altura (op.cit). Constata-se que esse evento foi um marco significativo que, posteriormente, orientou a política de gerenciamento de áreas de risco no município de São Paulo, visto que o Ministério Público na época denunciou a prefeitura como responsável pelo acidente, sendo, inclusive, funcionários públicos indiciados criminalmente por esse evento. Isso levou à inclusão na Lei Orgânica municipal de um inciso onde cabe ao município gerenciar as áreas de risco.

Dessa forma, a Lei Orgânica do Município de São Paulo (1990, p.40), atualizada até a Emenda no 34, de 27/4/2011, traz no capítulo relativo à política urbana, um inciso específico sobre o papel da Prefeitura com relação ao gerenciamento de áreas de risco

O município de São Paulo, no cenário brasileiro atual, relativo a políticas de gerenciamento de risco, apresenta alguns avanços. Em 2010, um estudo realizado pela prefeitura e o IPT denominado “Análise e mapeamento de riscos associados a escorregamentos em áreas de encostas e a solapamentos de margens de córregos” considerou todo o território do município;

Segundo a PREFEITURA DE SÃO PAULO (2011, p. 2), esse foi o maior mapeamento de áreas de risco do Brasil, cobrindo a totalidade das áreas vulneráveis da Cidade de São Paulo; adequação e aperfeiçoamento das metodologias utilizadas anteriormente; verificação da eficácia das intervenções implantadas nos últimos 05 anos; primeiro banco de dados completo e multidisciplinar focado na população moradora de áreas precárias, com informações socioeconômicas, urbanísticas e geográficas. No total, foram mapeadas 407 áreas em 26 Subprefeituras, sendo 1.179 setores avaliados, destes 607 apresentaram risco alto e muito alto; 572 de risco médio e baixo.

A Prefeitura de São Paulo, através de portaria, anualmente decreta para o período de fortes chuvas o “Plano Preventivo de Defesa Civil – Chuvas de Verão”, o monitoramento e a previsão meteorológica ficam a cargo do CGE - Centro de Gerenciamento de Emergências.

Assim, a maior cidade do país procura com essas medidas criar, de forma sistêmica, políticas públicas e sistemas de gerenciamento que objetivem, senão erradicar os riscos urbanos, melhorar os mecanismos de prevenção frente aos processos naturais desencadeadores de desastres.

Um outro exemplo fora da região metropolitana é a cidade de Santos, no litoral paulista, que tem um histórico de acidentes associados aos movimentos de massa, como o que ocorreu em 1928 em Monte Serrat, provocando mais de 80 mortes (NOGUEIRA, 2002).

A prefeitura de Santos criou por decreto o “Grupo Executivo de Morros”, em 1989, um serviço voltado exclusivamente para o enfrentamento dos riscos associados a escorregamentos, ação pioneira para enfrentamento dos processos da dinâmica superficial causadores de desastres associados à ocupação das vertentes. Em 1993, esse grupo tornou-se uma administração regional (Administração Regional dos Morros), contando com orçamento próprio (op. cit). Em 1996, chegou a contar com uma equipe de técnicos de caráter multidisciplinar, totalizando 30 pessoas e mais 120 trabalhadores operacionais, responsáveis pela redução do risco geológico, bem como por colocar em operação o Plano Preventivo de Defesa Civil (op.cit).

Conforme Nogueira (2002), em 1997, ocorreu uma modificação na orientação política da administração municipal, o que provocou um esvaziamento técnico das atividades desse órgão, em 1998, quando de uma reforma administrativa, a Administração Regional dos Morros foi extinta.

Embora a cidade de Santos possua um PMRR, elaborado em 2005 e revisado em 2012 pelo IPT, com o qual foram analisadas 22 áreas de risco e 104 setores foram identificados, abrangendo 11,4 mil moradias (IPT, 2012), este ainda carece de implantação efetiva (MPSP, 2010).

Essas ações demonstram que ações de prevenção de riscos, como o exemplo de Santos, sofreram com as descontinuidades de políticas públicas criadas no passado e que a maior cidade do país procura estabelecer estratégias de prevenção, um grande desafio pela complexidade do seu espaço urbano.

Gerenciamento de Risco na Região Metropolitana do Recife

A ocupação das vertentes é um dos principais cenários de risco na cidade de Recife em Pernambuco. Em 1994, a Prefeitura instituiu o programa Parceria nos Morros, sob a gerência da Empresa de Urbanização do Recife – URB, “órgão da administração indireta municipal, é voltado à atuação em áreas de risco situadas em terrenos particulares” (PRADO, 2006, p.138).

Conforme Alheiros et al (2003, p. 28), o processo de ocupação dos morros do Recife faz parte “da história da construção da cidade pelos segmentos pobres que, desde as origens coloniais, se deu em terrenos pouco propícios à edificação”.

Alheiros et al (op.cit.) ressaltam que a perspectiva de ver repetidos os acidentes que aconteceram no inverno de 1996, os quais desabrigaram um grande número de famílias na região metropolitana do Recife, inclusive fazendo vítimas fatais, levou o Prefeito de Camaragibe, Paulo Santana, a fazer um alerta, em abril de 1997, ao “propor a inclusão do tema Morros e Encostas, na pauta de discussão dos problemas comuns aos municípios da região metropolitana, como “uma questão de direito à vida” (ALHEIROS et al, 2003, p. 11).

Alheiros (1998) realizou sua tese de doutorado sobre os escorregamentos que afetam a região metropolitana do Recife, a autora relata alguns acidentes importantes que provocaram grandes perdas econômicas, bem como a morte de um número significativo de habitantes, como os escorregamentos que atingiram a região metropolitana do Recife, em 1984, ocasionando 12 mortes; o que atingiu a cidade do Recife em 1990, provocando 39 óbitos e o de 1996, provocando a morte de 42 pessoas e a destruição de dezenas de casas (op. cit., p.77).

Conforme Prado (2006), o programa Parceria nos Morros tinha como objetivo inicial prover formas alternativas de contenção das encostas, bem como estimular uma maior participação dos beneficiários no planejamento e na execução das obras.

Em 1998, o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – CONDERM – estabeleceu o controle urbano e a ocupação dos morros e encostas como um dos temas prioritários da agenda para aquele exercício (PRADO, 2006). No ano de 2000, foi criado o programa Viva o Morro, após uma série de reuniões entre os órgãos públicos municipais, estaduais e federais, bem como órgãos ligados à sociedade civil, o objetivo do programa é desenvolver ações em áreas de risco urbano (op.cit.).

Alheiros et al (2003, p.45), referindo-se às ocupações espontâneas em áreas de morros, tão características da Região Metropolitana do Recife, apontam as principais características do modo de ocupação espontânea, a saber:

- ocupações desordenadas através de um processo de invasão;
- remoção da vegetação natural;

- corte da barreira para criar terreno para os acessos e as casas;
- aumento do talude do corte para ampliação do terreno;
- lançamento de aterro não compactado (bota-fora) na borda da encosta;
- acessos com redes viárias irregulares;
- baixo padrão construtivo das moradias;
- ausência de calhas, biqueiras e impermeabilização no entorno da casa;
- ausência de canaletas para a drenagem das águas servidas e pluviais;
- fossa localizada no topo da face da encosta;
- lixo jogado sobre o talude dificultando a drenagem natural;
- lixo jogado nas canaletas obstruindo a drenagem formal;
- árvores no talude de corte e na crista da encosta.

Essas características de ocupação espontânea marcam a paisagem de tantas outras cidades brasileiras que convivem com as áreas de risco de escorregamentos, ou seja, a necessidade de criar um lugar para viver acaba consolidando um tipo de ocupação desordenada que é um dos aspectos fundamentais no desequilíbrio das encostas.

Frente a essa realidade, em 2001, a prefeitura do Recife criou o programa “Guarda Chuva”, que possui atuação nos seguintes eixos: controle urbano, defesa civil permanente, ações integradas de pequeno porte, urbanização (obras estruturadoras), política habitacional e mudança de cultura. Esse programa tem como objetivo principal “atuar permanentemente nos morros e nas planícies, monitorar as áreas de risco, realizar obras, limpeza de canais e drenagens e desenvolver ações nas áreas de habitação e saneamento” (PRADO, 2006, p.138).

O autor ressalta os principais méritos e aspectos inovadores do programa

1- É muito importante perceber que o programa conseguiu superar o padrão emergencial de atuação em áreas de risco, adotando um padrão de atuação preventiva.

2- Uma diretriz importante do programa é o uso de soluções técnicas não-tradicionais, de baixo custo, fácil execução e manutenção. Isso permite não

só diminuir os custos das intervenções, mas também capacitar a própria população beneficiada como mão-de-obra.

3- Um efeito extremamente positivo do tipo de obra adotado, que permite que sejam executadas pela própria população beneficiada, é praticamente não existir depredação das obras finalizadas, já que os membros da comunidade que as realizam são também os seus maiores beneficiários.

4- Outro aspecto importante, e exclusivo do programa Parceria nos Morros, é a existência de unidades descentralizadas de atendimento: as Estações nos Morros.

5- A participação da comunidade, ponto central do programa, é um fato concreto.

6- Finalmente, ao analisar o custo-benefício do projeto, podemos considerar que as soluções técnicas adotadas possuem um custo relativamente baixo. Uma conta simples mostra que o custo médio por intervenção está em pouco menos de R\$ 9.000. (Prado, 2006, p. 140, 141 e 142)

Alheiros et al (2003) evidenciam que existe sinais de mudança no modo de tratar os morros na Região Metropolitana do Recife. Conforme os autores, essa mudança está ocorrendo a partir de dois polos

*...+ a qualificação da Defesa Civil, parceira tradicional do setor de Obras nos morros, e a preocupação que vem se difundindo entre os gestores municipais e de setores do Estado de romper a ação pontual e emergencial na época de chuva, além da implantação de novas práticas de Planejamento, a exemplo do Orçamento Participativo, propiciando um debate mais amplo sobre prioridades e ações (op. cit, p.109).

O Programa Viva o Morro constitui-se na atualidade em uma das experiências mais exitosas no âmbito do Gerenciamento de áreas de risco em encostas, pois, além de ações voltadas para a recuperação, o reordenamento e a estabilização das vertentes dos morros ocupadas de forma precária, é um programa no qual a participação da comunidade acontece de forma significativa, e as ações se desenvolvem no intuito de conviver com o risco e orientar a população sobre as técnicas construtivas mais adequadas de serem executadas no meio físico onde vivem³⁴.

Estas ações desenvolvidas em Recife, de forma articulada e integrada com os moradores das áreas de risco, vão ao encontro das atuais políticas públicas que propõem estratégias de prevenção e de gestão e gerenciamento de áreas de risco.

³⁴ No site do Governo do Estado de Pernambuco é possível ter acesso aos materiais produzidos pelo Programa Viva o Morro. <http://200.238.107.83/web/condepe-fidem/apresentacao12>

Gerenciamento de Risco em Santa Catarina

Os episódios que aconteceram no Vale do Rio Itajaí em Santa Catarina, em novembro de 2008, demonstram a grande vulnerabilidade dos habitantes daquela região. O evento provocou escorregamentos, enxurradas e inundações, o que fez com que 14 municípios decretassem estado de calamidade pública e 63 a decretar Situação de Emergência (MATTEDI et al, 2009).

Durante as últimas décadas, Santa Catarina tem sido o cenário de vários desastres naturais, principalmente em sua vertente atlântica. As “chuvas intensas afetaram o estado de Santa Catarina desde o dia 22 até 24 de Novembro de 2008, causando severas inundações e deslizamentos que afetaram 1.5 milhões de pessoas” (MARENGO, 2009, p.2).

O autor afirma que, em muitas regiões do sul da América do Sul, onde encontram-se registros climáticos de vários anos, “têm-se observado um aumento na frequência de eventos de chuva intensa, que em parte explicam o número crescente de desastres naturais como deslizamentos de terras e inundações, responsáveis por um número alarmante de mortes nas grandes cidades” (op.cit.,p.2).

A localização geográfica de Santa Catarina confere uma predisposição deste espaço à exposição aos eventos extremos, tais como o clima subtropical úmido e o encontro de massas de ar com características térmicas diferenciadas. Essas adversidades atmosféricas, conforme Herrmann (2006), são características regional do espaço catarinense.

Os desastres naturais que ocorrem neste Estado referem-se às adversidades atmosféricas, caracterizadas pelos elevados totais pluviométricos, pelos prolongados meses de estiagem e pelas tempestades severas que frequentemente geram vendavais, granizos, tornados e marés de tempestades (HERRMAM et.al, 2009, p.1)

Conforme as autoras, no período de 1980 a 2007, o estado de SC foi afetado por 1229 ocorrências de inundações graduais, 701 de inundações bruscas, 140 de escorregamentos, destacando, no ano de 2004, o inédito episódio do Furacão Catarina.

Como outros estados da federação, as inundações graduais constituem-se nas principais ocorrências de desastres que afetam inúmeros municípios catarinenses

*...+ durante o período considerado para análise dos desastres naturais (1980 a início de 2004) as inundações foram as responsáveis pelo maior número de desabrigados e mortos. Dentre os anos em que elas sucederam, destacam-se os de 1983 e 1984, que correspondem também aos anos em que foram registrados os maiores números de municípios atingidos pelas inundações” HERRMANN (2006, p. 67).

O desastre de novembro de 2008 que atingiu seriamente o vale do Rio Itajaí-Açu, além de vitimar um grande número de habitantes, desestruturou a economia regional pelos severos danos causados à infraestrutura, superando muito os episódios de inundações de 1983.

Eventos extremos, como os que ocorreram durante o "El Niño" de 1983, apresentaram chuvas intensas e inundações (MARENGO, 2009) e afetaram seriamente várias regiões da América do Sul. Em Curitiba-PR, 200.000 pessoas ficaram desabrigadas (GEISSLER & LOCH, 2004); em Santa Catarina, 90 municípios foram atingidos, totalizando 197.790 desabrigados e 49 mortos (os municípios mais atingidos foram: Blumenau, 50.000 desabrigados e 8 mortos; Itajaí, 40.000 desabrigados e 5 mortos e Rio do Sul, 25.000 pessoas desabrigadas) HERRMANN (2006). No estado do Rio Grande do Sul, conforme Reckziegel (2007, p.127-128), foram registrados, em 1983, 246 eventos adversos, “*...]162 estão associados à dinâmica fluvial, sendo 155 enchentes e 7 enxurradas; 83 estão associados à dinâmica atmosférica, sendo 63 vendavais e 20 vendavais acompanhados de precipitação de granizo; e 1 evento está associado à dinâmica de encosta, um deslizamento ” (op.cit.).

Nos eventos recentes de 2008, é possível notar que houve um aumento nos danos causados pelos deslizamentos, fato esse que evidencia uma gestão ineficiente e que pouco aprendeu com os eventos passados, pois as encostas foram ocupadas em uma região onde os eventos pluviométricos de alta intensidade não são tão raros assim, hipótese, infelizmente, comprovada pela história recente de Santa Catarina.

Os eventos de inundação são recorrentes no tempo e historicamente afetam a rede urbana constituída ao longo do vale do Rio itajaí. “No vale do Itajaí, Blumenau é a maior cidade da rede urbana, exercendo sua influência do litoral ao Alto Vale. No Baixo Vale ou Foz, Itajaí é a cidade pólo da micro-região; no Alto Vale é Rio do Sul ”(SIEBERT, 2009, p. 44).

Os desastres ocorrem pela grande suscetibilidade natural da bacia do Rio Itajaí-Açu, “A forma da bacia e a declividade dos cursos d’água que compõem a rede de drenagem contribuem significativamente para ocorrências de inundações” (AUMOND et al, 2009,p. 25).

Conforme os autores, do centro urbano de Blumenau até a foz do Rio Itajaí, a declividade fica cerca de 0,013 (m/km). Com essas características do ambiente natural, o relevo plano, principalmente no trecho próximo à foz, é responsável pela formação de uma ampla planície, o que coloca essa região com elevada probabilidade de acontecer uma inundação, principalmente a partir de Blumenau (op.cit).

Nessa bacia hidrográfica, a planície de inundação foi lentamente sendo ocupada, o que faz com que a população conviva com inundações periódicas. Conforme Siebert (2009), a primeira grande cheia que atingiu Blumenau ocorreu em 1852, alcançando uma cota de 16,3 metros, dois anos após a fundação da colônia de Blumenau.

Conforme Aumond et al (2009), citando Frank (2003), entre os anos de 1852 a 2008, ao total, foram 69 eventos onde o pico da inundação ultrapassou a barreira da cota de 8,5 metros.

As grandes inundações de 1983 e 1984 afetaram cerca de 70% da área urbanizada de Blumenau (SIEBERT, 2009). Uma forma de gestão do espaço urbano encontrada pelo poder público municipal foi instituir no Plano Diretor de Blumenau de 1989 a proibição de edificar ou aterrar abaixo da cota de 10 metros (op.cit).

Esse fato mudou o padrão de urbanização na cidade

As grandes enchentes levaram à verticalização das construções nas áreas inundáveis, em um novo modelo de urbanização para a classe média. Em Blumenau, bairros como Ponta Aguda e Vila Nova receberam, desde então, dezenas de edificações residenciais multifamiliares, a maioria com garagem e salão de festas nos primeiros andares, como forma de evitar que os apartamentos sejam atingidos por enchentes (SIEBERT, 2009, p.46).

Como o espaço urbano é o resultado da materialização das relações sociais, econômicas e de produção em um locus determinando que é a cidade, quando uma classe social, que detém condições econômicas de manter-se no mesmo lugar no espaço urbano, mesmo este apresentando uma alta

suscetibilidade aos processos da dinâmica fluvial, consegue isso através da verticalização dos imóveis. Fica evidente que a parcela da sociedade que não detém as mesmas condições socioeconômicas precisa encontrar um lugar para viver, ficando obrigada a ocupar as áreas disponíveis, especificamente na região do vale do Itajaí-Açu, essa ocupação foi orientada para as encostas.

Conforme Siebert (2009), o crescimento da cidade ilegal em Blumenau acompanhou o ritmo do crescimento populacional, fez com que a população de baixa renda, a qual, para fugir das enchentes literalmente, “ocupassem os morros” em um sistema de autoconstrução. Na maioria das vezes, em praticamente todas as cidades que enfrentam o problema do risco de deslizamentos, essas moradias são construídas de forma precária e sem nenhuma orientação técnica. Salvo exceções recentes, como o caso do programa Viva o Morro, que, através de uma ação entre agentes públicos e comunidade, visa orientar as melhores práticas construtivas para as áreas urbanizadas dos morros da Região Metropolitana do Recife.

Como em Blumenau o aumento no contingente populacional não foi acompanhado por uma igual oferta de programas habitacionais para a população de baixa renda, os migrantes que foram para a cidade “[...] encontraram na ilegalidade a alternativa mais viável para resolver seu problema de moradia” (SIEBERT, 2009, p.48).

A ocupação das vertentes íngremes do vale do Itajaí também foi realizada pela população de maior renda, que, fugindo das inundações, iniciou um processo perigoso de morar em áreas com grande declividade.

As particularidades do espaço geográfico catarinense, tanto em relação as suas características geomorfológicas, principalmente da porção leste, associadas à dinâmica climática e ao uso e ocupação do solo, o tornam suscetível aos processos da dinâmica superficial. Embora os trabalhos de inventários sobre os desastres naturais remontem o final da década de 1990 e início dos anos 2000, os eventos recentes revelam que ainda há muito o que fazer com relação aos mecanismos de gestão e gerenciamento de riscos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As situações de risco que atingem uma parcela significativa da população urbana brasileira representam o resultado de décadas de um processo de

produção do espaço nas cidades marcado por uma intensa desigualdade de classe no acesso ao solo urbano. Este fato levou a ocupação de áreas sem as condições de habitabilidade, espaços ambientalmente frágeis da cidade e sem o interesse do setor imobiliário que controla o consumo e a produção do mercado formal de terras. O abandono por parte do Estado destas populações vulneráveis consolidou um processo de viver em risco que marca a paisagem dos centros urbanos do país, mais visível nas grandes aglomerações metropolitanas mas que é reproduzido em escala menor nas cidades de médio e pequeno porte.

A Geografia histórica dos desastres no Brasil comprova que apenas nas últimas décadas ações no sentido de gerenciar as áreas de risco começam a ser colocadas em prática em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Recife.

Projetos e programas associados ao gerenciamento de risco dão lugar às ações anteriormente prioritárias de agir após o desastre, fato que implicava em uma imobilidade por parte das comunidades atingidas e que acabava criando uma cultura assistencialista. A mudança que começa a ocorrer indica que a prevenção começa a ser prioritária no tratamento das áreas de risco no espaço urbano, e as comunidades inseridas no processo de construção de um espaço mais digno e seguro dentro da cidade.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. M. **Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife**. Tese de Doutorado em Geologia Ambiental. Universidade Federal da Bahia, 1998.

ALHEIROS, M. M.; SOUZA, M. A. A.; BITOUN, J.; GONÇALVES, E. M. & MEDEIROS, S. M. G. M. (Coords). **Diagnóstico Ambiental, Urbanístico e Social dos Morros - Programa Viva o Morro**. FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL (Pernambuco), Recife. 2003. Disponível em:

<http://www2.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=76543387-8a9c-4121-bc9b-d1fa228af628&groupId=19941> Acesso em: 13/01/2012.

AUGUSTO FILHO, O. **Carta de riscos de escorregamentos: uma proposta método lógica e sua aplicação no município de Ilha Bela, SP**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de solos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

AUMOND, J.J; SEVEGNANI, L; TACHINI, M & BACCA, L. E. Condições naturais que tornam o vale do Itajaí sujeito aos desastres. In: FRANK, B. & SEVEGNANI,

L (Orgs) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. p. 23-37.

BITAR, O. Y. **Meio ambiente & geologia**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2ª Ed. 2010.

CHAKARIAN, L. **Uso e ocupação do solo urbano em encostas na área de proteção de mananciais da Bacia de Guarapiranga**. 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-12052010-155959/>>.

COELHO, M. C. N.. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. Teixeira; CUNHA, S. B. da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-46.

GEISSLER, H. J.; LOCH, R. E. N. Análise histórica das enchentes em Curitiba-PR: medidas propostas e consequências observadas. In: **Anais...SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS**, 1, 2004, Florianópolis. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 507-523. (CD-ROM)

HERRMANN, M. L de P. (org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006. Disponível em:http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/atlas/Atlas_Ceped.pdf. Acesso em: 20/01/2012.

HERRMANN, M. L. de P.; CARDOZO, F. S. ; BAUZYS, Fernanda . Frequência dos desastres naturais no estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2007.. In: XII Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo - Uruguai, 2009, Uruguai. **Anais do XII Encuentro de Geógrafos de América Latina**, 2009., 2009. v. 1.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Acidentes Associados a Movimentos Gravitacionais de Massa Ocorridos no Município de Campos do Jordão, SP: Ações Técnicas Após o Desastre**. Publicação IPT 2815; São Paulo, 2002.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Riscos atualizados em Santos**. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticia/611.htm>. 2012. Acesso em: 15/07/2013.

KOWARICK, L. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Ed. 34, 2009.

LAVELL, A. **La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica**. Guatemala: CEPREDENAC/PNUD, 2003. Disponível em: <http://www.eird.org/encuentro/pdf/spa/doc15783/doc15783-contenido.pdf>. Acesso em: 07/06/2011.

MARANDOLA JR., E. & HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambient. soc.** *online+. 2004, vol.7, n.2, pp. 95-110. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n2/24689.pdf>. Acesso em: 20/03/2010.

MARENCO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. INPE. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas - GPMC**. INPE-CCST-. Número 8 - Maio de 2009 - Edição Especial. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf> Acesso em:10/01/2012.

MARQUES, E. C.; TORRES, H.; SARAIVA, C. **Favelas no Município de São Paulo: estimativas de população para os anos de 1991, 1996 e 2000**. Secretaria de Habitação do Município de São Paulo (SEHAB), 2003. Disponível em: http://www.centrodametropole.org.br/pdf/anpur2003_RBEUR.pdf. Acesso em: 12/01/2012.

MATTEDI, M. A.; FRANK, B.; SEVEGNANI, L & BOHN, N. O desastre se tornou rotina... In: FRANK, B. & SEVEGNANI, L (Orgs) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. p. 13-21.

MPSP. (Ministério Público do Estado de São Paulo). **Audiência Pública Sobre Ações de Prevenção e Combate aos Riscos e Danos Decorrentes de Chuvas em Áreas de Risco no Município de Santos**. Disponível em: [http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/Audiencias_Publicas/Audiencia-Publica-Santos_ATA_\(areas-risco-30-abr-2010\).docx](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/Audiencias_Publicas/Audiencia-Publica-Santos_ATA_(areas-risco-30-abr-2010).docx). 2010. Acesso em: 15/07/2013.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de Riscos Ambientais Associados a Escorregamentos: Contribuição às Políticas Públicas Municipais para Áreas de Ocupação Subnormal**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 2002

NOGUEIRA, F.R. Gestão dos riscos nos Municípios. in: MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministérios das Cidades/Cities Alliance, 2006.

OGURA, A. T.; SILVA, F. C.; VIEIRA, A. J. N. L. Zoneamento de risco de escorregamento das encostas ocupadas por vilas operárias como subsídio à elaboração do plano de gerenciamento de áreas de risco da estância climática de Campos do Jordão - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 44-58. (CD-ROM)

PASTERNAK, S & BOGUS, L. M. M. Moradia e segregação na cidade de São Paulo. **Territorios** (Bogotá), Bogotá, v. 12, p. 79-107, 2004.

PEREIRA, C. V. L. Estudo de caso: O programa de áreas de risco em Belo Horizonte. In: **2º SIBRADEN** - Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e

Tecnológicos. 09 a 13 de dezembro: Santos – SP. 2007. Disponível em: <http://www.acquacon.com.br/2sibraden/palestras.html>. Acesso em: 22/07/2012.

PRADO, O. Parcerias nos Morros. In: Marco Antônio Carvalho Teixeira; Melissa G. de Godoy; Roberta Clemente. (Org.). **20 experiências de Gestão Pública e Cidadania**. 1 ed. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2006, v. 1, p. 137-144.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Áreas de Risco**. São Paulo, s/d. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/saffor_bueiros/FormsPublic/serv14AreasRisco.aspx>. Acesso em 9/01/2012.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Lei Orgânica do Município de São Paulo** (Atualizada até a Emenda no 34, de 27/4/2011), 1990. disponível em: <<http://www.tcm.sp.gov.br/legislacao/lomun/LOMSP2011.pdf>>. Acesso em: 10/01/2012

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Áreas de Risco**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/saffor_bueiros/Image/Areas_de_Risco_2010.pdf> Acesso em 12/01/2012.

PRUDENTE, C. N. & REIS, R. J. Banco de Dados de Desastres Naturais em Belo Horizonte 1979 a 2009. In: **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, 2009.

REBELO, F. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo. 2008, **Territorium**, 15, p. 7-14

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período e 1980 a 2005**. 2007. 261p. Vol.I. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

REIS R. J. Dos; GUIMARÃES, D. P; COELHO, C. W. G. A.; PAIXÃO, G. M da; NASCIMENTO, J. S. de & SIMÕES, T. K. de S. L. Determinação das áreas de potencial de riscos de precipitações intensas em belo horizonte. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, V. 14, N. 23, P. 127-134, 2º Sem. 2004. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/documentos/geografia_23_art08.pdf?PHPSESSID=de218b62f4bb0ba9538e9215bd0d1765> Acesso em: 12/01/2012.

SEHAB-SP. Programa de Urbanização de Favelas da Cidade de São Paulo. In: Prefeitura Municipal de São Paulo. **A Cidade informal no Século XXI**. Prefeitura Municipal de São Paulo, SEHAB - Superintendência de Habitação Popular, 2ª ed. 2010. p. 10-11. Disponível em: <http://www.habisp.inf.br/theke/documentos/publicacoes/catalogo_exposicao/index.html>. Acesso em: 10/01/2012.

SIEBERT, C. (Des)controle urbano no vale do Itajaí. In: FRANK, B. & SEVEGNANI, L (Orgs) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. p.39-51

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2004.

SOUZA, M. L. de & RODRIGUES, G. B. **Planejamento urbano e ativismos sociais**. São Paulo: UNESP, 2004 (Coleção Paradidáticos; Série sociedade, espaço e tempo).

TASCHNER, S. Degradação ambiental em favelas. In: TORRES, H.G. E COSTA, H. **População e Meio Ambiente: debates e desafios**. São Paulo: Editora do Senac, p. 241- 300, 2000.

UNISDR. **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. Ginebra, Suiza: UN, 2009. Disponível em: http://unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf. Acesso em 12/04/2011.

WALDHEIM, P. V. **Sistema Alerta Rio /GEORIO**. Disponível em: www.rioperacional.ufrj.br/apresentacoes/ALERTA-RIO.pdf. 2006. Acesso em: 06/01/2012

INVENTÁRIO DE INUNDAÇÕES REGISTRADAS NA ÁREA URBANA DE SANTA CRUZ DO SUL ENTRE OS ANOS DE 1980 E 2013

Daniel Junges Menezes; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romario Trentin

DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X17324>

Resumo: O conhecimento da periodicidade, recorrência, ou até o aumento da severidade de processos ao longo do tempo, são elementos importante no diagnóstico e na implementação de ações mitigadoras. O objetivo deste trabalho é apresentar um inventário das inundações ocorridas no período compreendido entre 1980 a 2013 em Santa Cruz do Sul, município localizado na porção centro - leste do estado do Rio Grande do Sul. Como fontes foram utilizados o inventário realizado por Reckziegel (2005), o Banco de Dados de Registro de Desastres / Secretaria Nacional de Defesa Civil – SNDC a Defesa Civil do Rio Grande do Sul e ainda jornais de circulação regional. O levantamento apontou trinta e três registros de inundações no período de análise, sendo mais significativas nos meses de verão. Além disso, o inventário permitiu identificar a presença de problemas atrelados às inundações em pelo menos 22 bairros em diferentes porções da área urbana do município.

Palavras-chave: Desastres naturais; Análise temporal; Inundações urbanas.

FLOOD RECORDS IN THE URBAN AREA OF SANTA CRUZ DO SUL BETWEEN THE YEARS 1980 AND 2013

Abstract: The knowledge of periodicity, recurrence, or even increasing severity of causative processes over time damage, are important elements in the diagnosis and implementation of mitigation actions. This paper present an inventory of the floods in the period from 1980 to 2013 in Santa Cruz do Sul, a city located in the central portion Centre-East of the Rio Grande do Sul state. As sources were used inventory held by Reckziegel (2007), the Bank of Registration Disaster Data da Secretaria de Defesa Civil Nacional – SNDC, the Defesa Civil of Rio Grande do Sul state and newspapers. The studies showed thirty-three records of floods being more significant in the summer months. Besides the inventory identified the presence of problems linked to flooding in at least 22 neighborhoods in different parts of the urban area of the municipality.

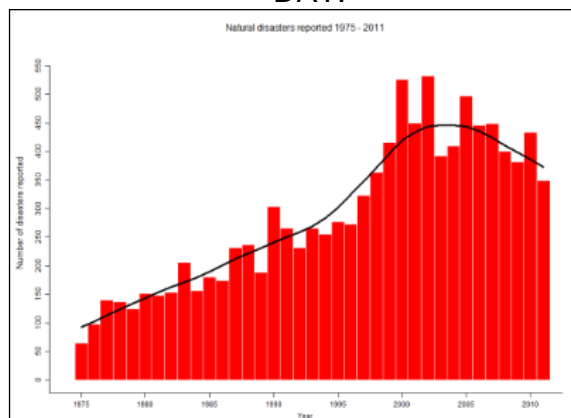
Keywords: Natural disasters; Temporal analysis; Urban floods.

INTRODUÇÃO

Os desastres naturais, gradativamente, têm ganho maior atenção das comunidades em geral, seja na sociedade civil, ou por meio dos gestores públicos e pesquisadores do tema, em função do aumento do registro de frequência e intensidade, como também, da severidade dos eventos adversos e, conseqüentemente, perdas ocasionados pelos mesmos. Dados do Emergency Events Database - EM-DAT, apresentados na Figura 1, apontam para um crescimento no número de registros de desastres naturais no mundo no período compreendido entre meados dos anos 70 até o início deste século.

O crescimento do número de registros se dá em função de elementos que interagem entre si, como aumento geral da população global e o aumento das populações em situação de domicílio urbano, o que remete a exposição de um número maior de pessoas e um maior número de afetados.

Figura 1: Desastres naturais registrados no mundo entre 1975 e 2011 pelo EM – DAT.



Fonte: www.emdat.be.

Somam-se a isto, as mudanças climáticas e ambientais em diferentes escalas, a consolidação de um modelo econômico excludente e caracterizado por marcantes desigualdades sociais, que tem contribuído para o acréscimo no contingente populacional em situação de risco. Deve-se apreciar, ainda nesta análise, a maior difusão dos acontecimentos associados ao tema (sob as mais variadas óticas) e o avanço tecnológico e informacional que se deu durante as últimas décadas, em contraponto ao fato de que muitos eventos no pretérito não eram registrados e, conseqüentemente, não contabilizados.

Veyret (2007), entretanto, destaca que o aumento do número de registros e principalmente a frequência e intensidade dos eventos e então imputação, cada vez mais, da presença do risco em nossas sociedades, está associada antes de tudo, à atribuição à natureza uma responsabilidade que poderia ser creditada a própria sociedade, que por ação do de alguns atores que envolvem desde o poder público, os agentes imobiliários, e a própria população afetada, fazem com que os desastres sejam vestidos de certo fatalismo, o que lhes atenua responsabilidades.

Da mesma forma, Robaina e Trentin (2013) salientam que a percepção de aumento da frequência e da intensidade de desastres, na segunda metade do século passado, não pode ser atribuída inteiramente ao incremento da magnitude e constância de eventos naturais adversos, mas, em grande parte, à ocupação extensiva do espaço geográfico sem que haja observância das dinâmicas naturais locais.

No Brasil, os processos associados à dinâmica fluvial tem grande importância na caracterização da ocorrência de desastres. Somente ano de 2012, conforme aponta o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (BRASIL/CENAD, 2012), foram contabilizados 16.977.614 de pessoas afetadas por desastres naturais no país, onde mais de 40% deste montante, estão associados à ocorrência de desastres registrados como inundações e enxurradas.

Em espaços caracterizados pela ocorrência de alguns processos que remetem à perdas econômicas e sociais, tal como as inundações, o conhecimento da periodicidade, recorrência, ou até o aumento da severidade deste processo ao longo do tempo, são elementos importante no diagnóstico e na implementação de ações mitigadoras.

Sob este escopo, o objetivo deste trabalho é apresentar um inventário das inundações ocorridas no período compreendido entre 1980 a 2013 na área urbana do município de Santa Cruz do Sul, localizado na porção centro - leste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 2). Estando o município posicionado à margem esquerda do Rio Pardo, são recorrentes as inundações causadas por este e também por seus tributários na área urbana.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Bertê (2004) aponta as inundações periódicas como um dos principais problemas ambientais no estado do Rio Grande do Sul. Para a autora, o agravamento dos problemas associados ao extravasamento dos leitos normais dos cursos d'água está ligado a remoção da mata ripária e consequente assoreamento. Além disso, a ocupação das planícies de inundação por assentamentos humanos, em especial, os com técnicas construtivas inadequadas, fazem que o extravasamento das águas do canal fluvial, um integrante da dinâmica hídrica natural, seja encarado como uma anomalia e cause prejuízos.

No que refere à evolução dos desastres, as inundações vão estar incluídas na classe de evolução súbita ou aguda, que comporta desastres de natureza cíclica e caráter sazonal e que podem, em alguns casos, ser previstos em função do período de chuvas. Quanto à origem estão na classe dos hidrológicos ou ainda hidrometeorológicos, devido ao fato de que geralmente o

evento desencadeador de uma inundação está associado a incrementos de precipitação (CASTRO, 2003).

Com o intuito de atualização e também simplificação, sob o contexto do novo COBRADE

- Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (2012), as inundações passam a se enquadrar no grupo dos desastres hidrológicos (ao lado de enxurradas e alagamentos).

Kobiyama (2006) ressalta que existe uma grande divergência entre os cientistas sobre as definições a serem adotadas devido as diferentes percepções e terminologias utilizadas para as inundações, havendo uma dificuldade em padronizar as categorias das mesmas. Isto nem sempre é devido à falta de conhecimento, mas sim, devido à dificuldade de identificação do fenômeno em campo e à ambiguidade das definições existentes. Por sua vez, Amaral & Ribeiro (2009, p.41) definem inundações e enchentes como “eventos naturais que ocorrerem com periodicidade nos cursos d’água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração”.

Recentemente, também contextualizado ao COBRADE (2012) a Defesa Civil, passa a considerar somente “inundações” e “enxurradas”, para eventos que marcam o extravasamento da água em direção ao leito maior, em detrimento do uso da palavra enchente (que remetia a inundações graduais).

Em ambos os conceitos e a sua aplicabilidade pelos referidos autores, as inundações são eventos que indicam o processo de avanço da água sobre do leito maior ou planície de inundação do rio, extravasando portanto, a capacidade de escoamento do canal principal, devido geralmente a incrementos de precipitação e remetem a processos associados à dinâmica fluvial.

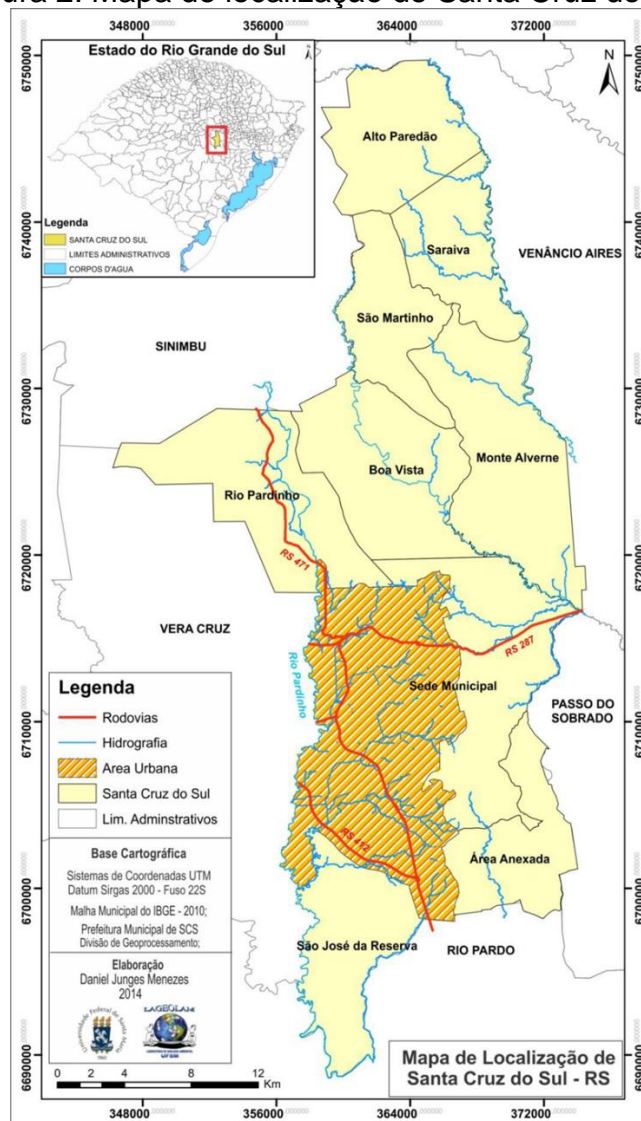
METODOLOGIA DE TRABALHO

O levantamento temporal das inundações ocorridas nas últimas décadas compreendeu o período de 1980 a 2013 (este último ano incluso em função dos eventos ocorridos na etapa de conclusão do trabalho, sendo úteis para validação dos dados). Este trabalho utilizou o inventário realizado por Reckziegel (2007) onde são computados dados até o ano de 2005 e seguiu a partir do que é disponibilizado pelo Banco de Dados de Registro de Desastres / Secretaria Nacional de Defesa Civil – SNDC e pela Defesa Civil do Rio Grande do Sul e

ainda jornais de circulação regional. Este segundo grupo de informações faz menção a data e local dos eventos. A consulta à Defesa Civil municipal de Santa Cruz do Sul, com sede no município, permitiu estabelecer uma caracterização de caráter espacial das áreas onde as inundações são mais recorrentes.

Utilizou-se o software Microsoft Office Excel 2010 na compilação das informações e o software ArcGIS 10, desenvolvido pela ESRI, para estruturar o banco de dados georreferenciados que serviu de base para a geração do mapa com os bairros afetados. A base cartográfica se deu a partir do mapeamento temático de 2011 elaborado pela Divisão de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul e da base vetorial e disponibilizada pela mesma, em escala 1:10.000.

Figura 2: Mapa de localização de Santa Cruz do Sul.



Organização dos autores.

RESULTADOS

As áreas consideradas sujeitas a inundações são expressivas e se encontram na porção mais a oeste da área urbana, principalmente, associadas à extensa planície de inundação do Rio Pardinho e, também, áreas próximas aos seus afluentes, os arroios Jucuri, Lajeado, Preto, Das Pedras, Levis Pedroso. Destacam-se os bairros Várzea, Dona Carlota, Rauber, Arroio Grande, Progresso, Santa Vitória, Faxinal do Menino Deus, e Renascença, com registros constantes.

Foram verificados problemas associados a inundações em áreas adjuntas ao arroio Lajeado no bairro Renascença, que fica mais ao norte da área urbana, próximo a BR 287, que tem motivado a presença de intervenções individuais de mitigação em algumas residências.

Em uma área alocada entre a BR471 e o Rio Pardinho (Figura 3), encontramos os bairros Várzea e Santuário, afetados por inundações, que posicionados em uma área naturalmente muito suscetível, não contam com a BR 471, que atua com um “dique”, a exemplo dos bairros e Schulz e Bom Jesus, que estão posicionados a leste da rodovia e que indicaram em um primeiro momento, apresentarem menores problemas em relação às inundações. Tendo a sua origem na incorporação de antigas áreas rurais e de veraneio, o bairro Várzea apresenta no extremo oeste uma localidade chamada Navegantes ou ainda Prainha, que figura-se hoje como ocupação permanente, tornando os problemas associados à inundações registros constantes.

Na porção central da área urbana, os bairros Santo Inácio, Higienópolis, Centro e os bairros Avenida e Goiás, que ficam próximos a BR 471, apresentam áreas sujeitas a inundações, contando com intervenções no arroio Jucuri e tributários. Os bairros Bonfim e Margarida, drenados pelo arroio Moinho, também foram verificados problemas em função de inundações.

Estendendo-se da porção leste para noroeste o arroio das Pedras e seus tributários afetam os bairros Arroio Grande (Figura 4), Santo Antônio, Ana Nery, Faxinal, Santa Vitória e Dona Carlota, sendo neste último a localidade conhecida como Beckencamp, atingida seguidamente.

Figura 3. Bairro Várzea, a oeste da BR 471, alocado nas áreas marginais do Rio Pardinho é atingido no ano de 2011.



Fonte: Defesa Civil de Santa Cruz do Sul.

Figura 4. Bairro Arroio Grande apresenta problemas associados à inundações.



Fonte: Portal Gaz, 21.11.2013.

Mais ao sul o arroio Levis Pedroso e afluentes estão associados a inundações nos bairros Esmeralda, Rauber e Progresso, sendo que neste o loteamento Eucaliptos, configura uma área seguidamente atingida (Figura 5).

Figura 5. No bairro Progresso, inundação atinge loteamento Eucaliptos.



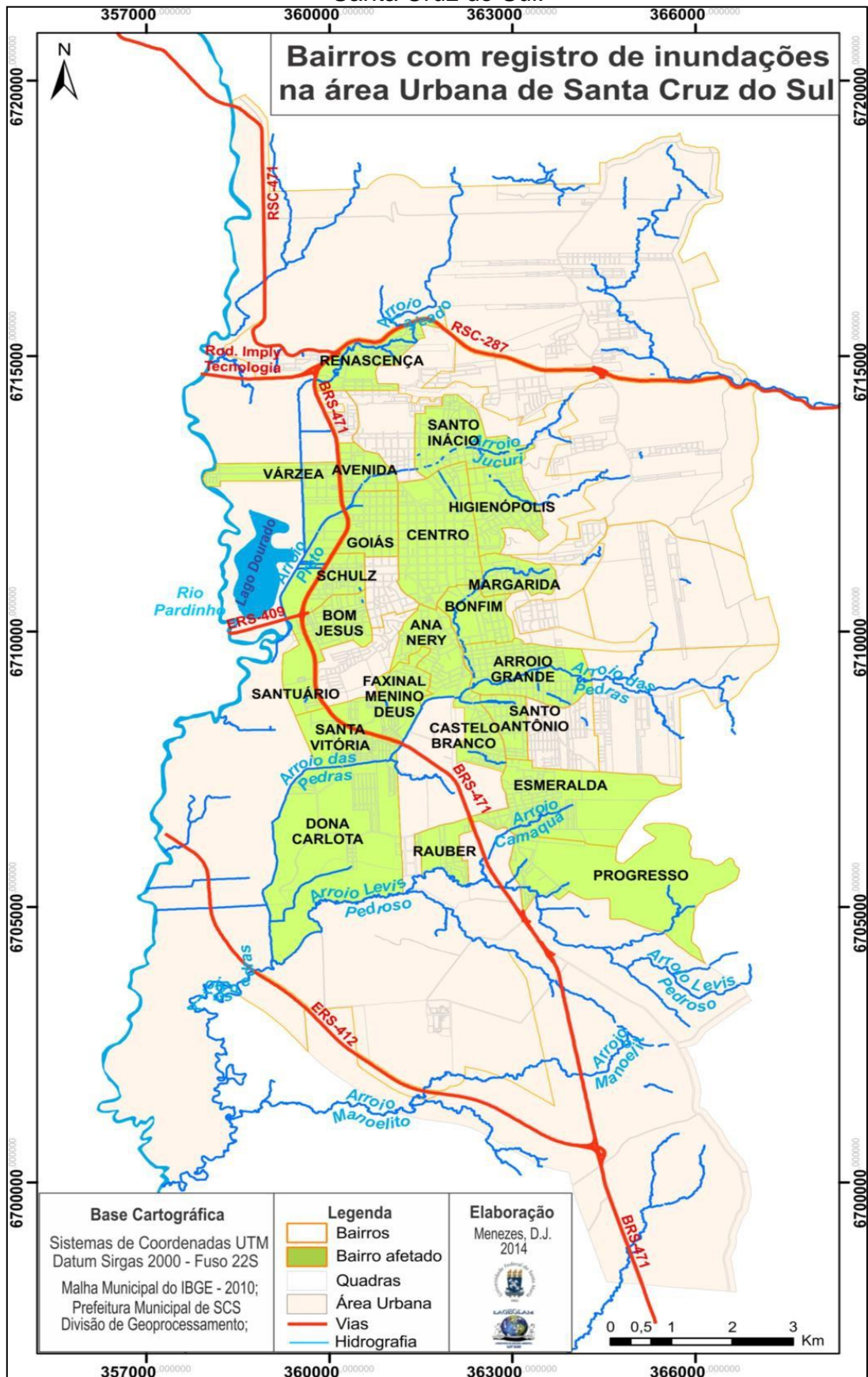
Fonte: Portal Gaz, 21/11/13.

O inventário permitiu identificar a presença de problemas atrelados às inundações em pelo menos 22 bairros (conforme aponta a Figura 6) em diferentes porções da área urbana do município.

O levantamento a respeito de dados históricos das inundações ocorridas em Santa Cruz do Sul compreendeu um período de análise de trinta e quatro anos, iniciado em 1980 e estendendo-se até o ano de 2013, apontando trinta e três registros de inundações. Desses registros oito vieram acompanhados de decretos de Situação de Emergência, quando os danos ultrapassam a capacidade do município de enfrentar a situação, sendo uma vez nos anos de 1984, 2005, 2011 e 2013 e duas vezes nos anos de 2009 e de 2010. Além disso, em dois eventos foi decretado Estado de Calamidade Pública, ambos nos primeiros meses do ano de 1993, quando as perdas ultrapassam 30% do PIB municipal.

A Figura 7, que apresenta as datas de registro e os detalhes disponíveis junto   fonte quanto   área afetada ou danos causados (registro de Situação de Emergência ou de calamidade pública).

Figura 6. Mapa dos bairros com registro de inundações na área urbana de Santa Cruz do Sul.



Organização dos autores.

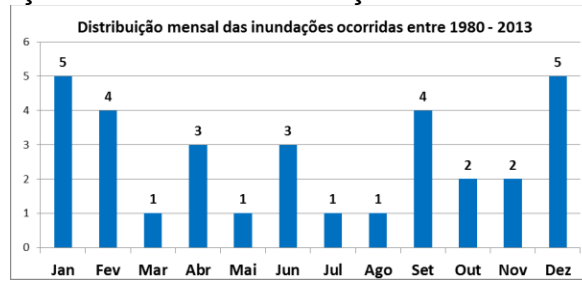
Figura 7. Sistematização dos registros de inundação em Santa Cruz do Sul entre 1980 e 2013.

DATA	DETALHES, SEGUNDO A FONTE			
NI/06/1982	Sem situação de emergência			
10/05/1984	Situação de emergência			
NI/02/1990	Sem situação de emergência			
NI/12/1990	Sem situação de emergência			
NI/02/1992	Sem situação de emergência			
NI/03/1993	Calamidade pública			
18/02/1993	Calamidade pública			
NI/06/1993	Sem situação de emergência			
NI/01/1996	Sem situação de emergência			
NI/12/1997	Sem situação de emergência			
NI/01/2000	Sem situação de emergência			
NI/10/2000	Sem situação de emergência			
NI/04/2001	Sem situação de emergência			
NI/09/2001	Sem situação de emergência			
NI/09/2002	Sem situação de emergência			
NI/06/2003	Sem situação de emergência			
15/12/2003	Danos na malha rodoviária da RS 409, próximo lago Dourado. Sem situação de emergência			
10/09/2005	Situação de emergência			
04/10/2005	Sem situação de emergência			
26/03/2007	Sem situação de emergência			
21/09/2007	Bairro Navegantes/Várzea e Avenida. Sem situação de emergência.			
27/12/2007	Centro da Cidade, Arroio Grande, Goiás, Harmonia, Glória, Imigrante e Beckencamp Sem situação de emergência			
10/02/2009	Situação de emergência			
07/11/2009	Várzea e Beckencamp – sem situação de emergência			
07/12/2009	Bairros Margarida Aurora, Senai, Faxinal, Renascença, Navegantes /Várzea. Situação de emergência			
05/01/2010	Bairros Verena (Santo Inácio), Renascença, Bom Jesus, Várzea / Navegantes. Situação de emergência			
07/01/2010	Situação de emergência			
22/04/2011	Situação de emergência			
25/04/2011	Bairros Universitário, Renascença, Centro, Dona Carlota (Beckenkamp) Rauber, Esmeralda, S. Inácio, Higienópolis, Margarida, Aurora, Bonfim, Progresso, S. Antônio			
21/07/2011	Várzea – sem situação de emergência.			
09/08/2011	Várzea – sem situação de emergência.			
12/11/2013	Bairros Progresso (Loteamento Eucaliptos), Rauber , Dona Carlota (Beckencamp) Várzea e outros. Situação de emergência			
21/11/2013	Bairros Rauber, Arroio Grande, Dona Carlota, Progresso Santa Vitória e Faxinal.			
* NI =Não Informado	** Em vermelho, decreto de emergência ou calamidade pública.			
Fontes	Jornais	SNDC	Defesa Civil do Rio Grande do Sul	Reckziegel (2005)

Organização dos autores

Quanto à distribuição mensal da ocorrência de inundações (Figura 8), temos um maior número de registros nos meses de verão, entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, que juntos somam 14 registros do total de 33 levantados. Os meses de dezembro e janeiro marcam um período com altas temperaturas onde as taxas de evaporação e formação de nuvens são elevadas, caracterizando assim chuvas de origem convectiva, que provoca precipitações bruscas e com grande intensidade, causando inundações.

Figura 8. Distribuição mensal das inundações ocorridas entre 1980 e 2013.



Organização dos autores.

Em contraponto, os meses de setembro e junho, que registram quatro e três eventos, marcando respectivamente o fim e início do inverno, compreendem um período de transição entre estações e de chuvas frontais.

CONCLUSÕES

Mediante a análise dos registros de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul, evidencia-se que as mesmas causam prejuízos de ordem social e econômica para o município e principalmente à população afetada pelos processos. Tal constatação demanda aos órgãos competentes a adoção de medidas que visem mitigar os prejuízos e perdas que estes eventos possam ocasionar, onde o levantamento destas questões deve instigar o poder público a tomar medidas que visem atenuar este panorama, como também promover a recuperação ou o melhor aproveitamento destas áreas e evitar que novas aglomerações de risco se formem.

Conforme foi observado, uma parcela significativa da área urbana foi estabelecida junto a áreas planas e próximas a drenagens, tendo destaque principalmente o bairro Várzea, alocado em sua totalidade em área suscetível e também os bairros Avenida, Santo Inácio Santa Vitória, Progresso e Arroio Grande, com a presença de áreas expressivas.

Pertinente a qualquer análise feita a partir deste levantamento, há de se considerar as diferentes metodologias, graus de detalhamento, entre outros elementos que compõem as fontes que permitiram o mesmo. Tal fato dificultou estabelecer e organizar tipologias e descrições mais precisas quanto a ocorrência destes eventos adversos associados à dinâmica fluvial, ao passo que temos na mesma matriz de informações, algumas já reunidas e organizadas de fontes secundárias, já submetidas a um tratamento pelo pesquisador que a

disponibiliza, ao mesmo tempo que temos órgãos oficiais (que obedecem a determinadas diretrizes, quanto ao registro de um evento, para que entre nos dados oficiais e ficando então, disponível para consulta) e ainda a imprensa, o qual o detalhamento e descrição dos eventos e das informações costumam ser muito variados e as vezes imprecisos. Então, considera-se que o registro de eventos adversos deve ser maior que o aqui exposto, em função das condições anteriormente referidas e ainda em função da extensa série temporal que compõem o inventário. Todavia, esta condição não o torna menos funcional, principalmente se considerarmos os últimos registros, que expressam o panorama atual quanto à figuração de áreas de risco em Santa Cruz do Sul.

Este marca algumas áreas com recorrência muito significativa em função de sua suscetibilidade, estando também muitos registros associadas ao processo de evolução e expansão do espaço urbano ou ainda a intervenções mais recentes, que potencializam e recondicionam o local e periodicidade que as drenagens extravasam o seu leito menor.

A organização de um inventário de desastres e a espacialização destas informações permitiu verificar que os eventos associados à dinâmica fluvial são bastante significativos na área estudada, afetando tanto porções a mais tempo consolidadas e também áreas de expansão urbana mais recente e mais precárias quanto à estrutura e saneamento, tal como bairros ao sul da cidade. No entanto, esta condição está associada a uma maior capacidade de intervenção, presença de obras e conseqüente mitigação de danos que algumas áreas apresentam em relação a outras, potencializando os prejuízos e magnitude em áreas menos privilegiadas do espaço urbano.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes e CNPq pelo fomento da pesquisa e à Defesa Civil de Santa Cruz do Sul.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R do; RIBEIRO, R. R: Inundação e Enchentes. In TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52

BERTÊ, A. M. A. Problemas ambientais no Rio Grande do Sul. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. P 71-83.

BRASIL. **Lei 12.608, de 12 de abril de 2012**, disponível em <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 27 de maio, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional / Secretaria Nacional de Defesa Civil / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012** / Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. CENAD, Brasília, 2012. 84 p.

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

DEFESA CIVIL DE SANTA CRUZ DO SUL. Disponível em: <http://defesacivilsantacruz.blogspot.com.br>.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.defesacivil.rs.gov.br/>.

DIÁRIO REGIONAL. Santa Cruz do Sul, 18 set. 2012. Disponível em: <http://www.diarioregionalrs.com.br>

EM-DAT: The OFDA/CRED **International Disaster Database**, Université Catholique de Louvain, Brussels (Belgium); Disponível em: www.emdat.be.

GAZETA DO SUL, **Santa Cruz do Sul, ANO 67, Nº 75. 25 Abr. 2011**. Disponível em: <http://www.grupogaz.com.br>

GAZETA DO SUL, **Santa Cruz do Sul, ANO 69, Nº 272, 11 Dez. 2013**. Disponível em: <http://www.grupogaz.com.br>

GAZETA DO SUL, **Santa Cruz do Sul, ANO 65, Nº 293, 05 Jan. 2010**. Disponível em: <http://www.grupogaz.com.br>

GAZETA DO SUL, **Santa Cruz do Sul, ANO 69, Nº 287, 30 Dez. 2013**. Disponível em: <http://www.grupogaz.com.br>

KOBIYAMA, M. (org.). **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

PORTAL GAZ, **Gazeta Grupo de Comunicações**. Disponível em: <http://www.gaz.com.br>.

RECKZIEGEL, B. W. (2007). **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.

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

ZERO HORA. **Porto Alegre, 08 nov. 2009**. Disponível em: <http://zerohora.clicrbs.com.br>.

ESTUDO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE SÃO GABRIEL, RS

Vanessa Salvadé Silveira; Luís Eduardo de Souza Robaina; Romário Trentin

Doi: 10.12957/geouerj.2015.13658.

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo analisar os eventos de inundação na cidade de São Gabriel. Primeiramente, criou-se um inventário sobre os processos associados à inundação na cidade, foi realizado entre os anos de 1980 a 2009. Estas informações serviram de base para identificar o comportamento temporal e espacial das inundações que afetaram a área urbana de São Gabriel no período estudado. A análise buscou relacionar os dados de precipitação de estações pluviométricas no município com dados de cota de uma estação fluviométrica no Rio Vacacaí. Os dados hidrológicos referente à cota altimétrica do Rio Vacacaí e as precipitações que atingiram o município durante os eventos de inundações foram coletados no site do HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) da Agência Nacional de Águas (ANA). A partir destas análises verificaram-se eventos importantes, como por exemplo, o evento que ocorreu em maio de 1984 em que o Rio Vacacaí atingiu 502 cm. Com isso, sabe-se a menor cota em que um evento é confirmado. Outro evento importante é o ocorrido em novembro de 1990, que se mostra um dos mais significativos dentro do histórico de inundação da cidade por apresentar uma das mais altas cotas de elevação das águas do Rio Vacacaí, sendo que esta atingiu 810 cm. Palavras-chave: Inundação; São Gabriel; Rio Vacacaí.

STUDY OF FLOODING IN THE CITY OF SAN GABRIEL, RS

Abstract: This study aims to analyze the flood events in the city of São Gabriel. First, we created an inventory of the processes associated with the flooding in the city, was conducted between 1980 and 2009. This information formed the basis for identifying the temporal and spatial behavior of the floods that affected the urban area of São Gabriel in the period studied. The analysis tried to correlate rainfall data from rain gauge stations in the county with a data quota fluviometric station in Vacacaí river. The hydrologic data related to altimetry Vacacaí the river and rainfall that hit the city during the flood events were collected in the HIDROWEB site (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) of the National Water Agency (ANA) . From these analyzes there were significant events, such as the event that occurred in May 1984 when the river reached 502 cm Vacacaí. With this, it is known to lower elevation at which an event is confirmed. Another important event is held in November 1990, which shows the most significant within the historic flooding of the city by presenting one of the highest quotas rising waters of the river Vacacaí, and this reached 810 cm.

Keywords: Flood; San Gabriel; Rio Vacacaí.

INTRODUÇÃO

As inundações são responsáveis por um número elevado de perdas de vidas humanas e materiais todos os anos. Consideradas como um fenômeno de natureza hidro meteorológica, estas fazem parte da dinâmica natural e ocorrem, principalmente, deflagradas por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração e outros eventos climáticos tais como furacões e tornados, podendo ser intensificadas por ações antrópicas (IPT, 2007, p. 89).

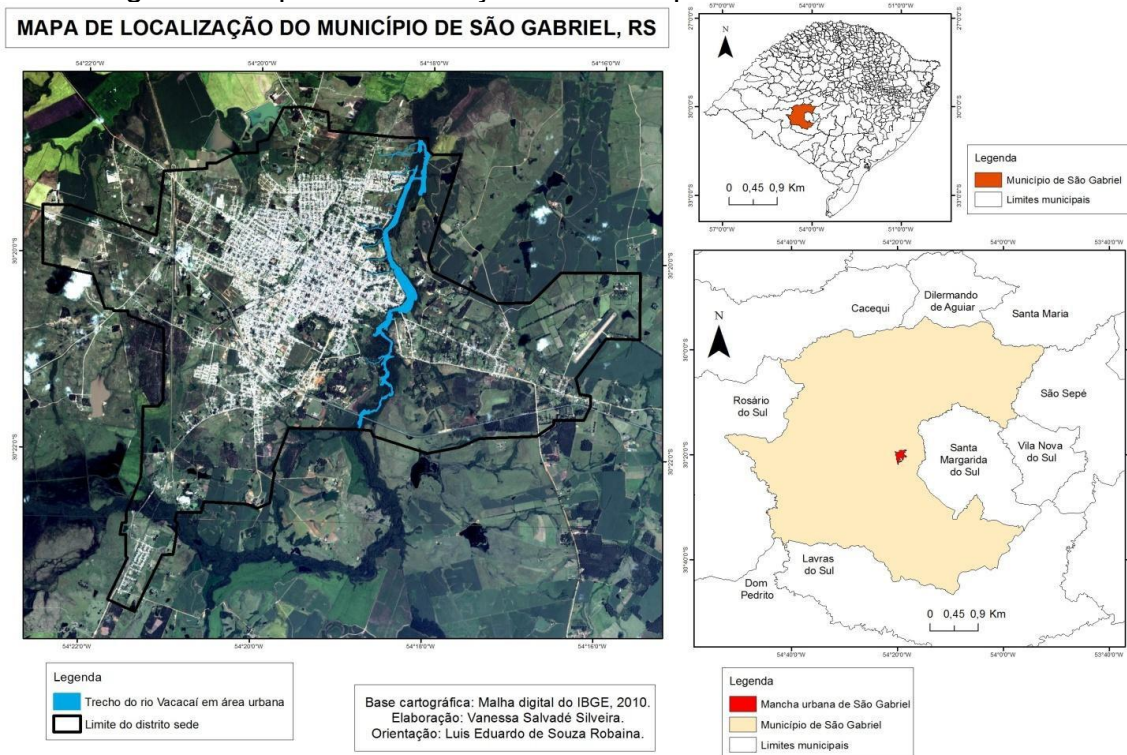
Reckziegel (2007, p.110), em seu trabalho sobre Desastres Desencadeados por Eventos Naturais no Estado do Rio Grande do Sul, apontou para o período de 1980 a 2005 o registro de 1.258 ocorrências de desastres desencadeados por enchentes, sendo que foram homologados 571 decretos de

Situação de Emergência e 42 de Estado de Calamidade Pública. Das cidades afetadas do estado, São Gabriel é apontada no trabalho como uma das mais atingidas por estes eventos.

Desta forma o presente trabalho tem como objetivo analisar os eventos de inundação na cidade de São Gabriel. De um modo geral, o monitoramento e análise das cheias dos rios facilita a convivência com o fenômeno (CASTRO, 2003, p. 48). Portanto, identificar os anos de ocorrência dos eventos de inundação na cidade de São Gabriel com informações sobre cotas e o volume de precipitações, associadas aos eventos, é uma ferramenta fundamental para a previsão, assim como, contribuir para a redução de possíveis danos e prejuízos.

O município de São Gabriel está localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), a 320 quilômetros de Porto Alegre. Segundo dados do IBGE (2010), apresenta uma população total de 60.508 habitantes, com 53.860 habitantes (mais de 80%) na área urbana. Parte desta população se localiza no entorno do Rio Vacacaí e tem sido afetada seguidamente por eventos de inundação.

Figura 1. Mapa de localização do município com sua área urbana.



METODOLOGIA

O inventário sobre os processos associados à inundação, na cidade de São Gabriel, foi realizado entre os anos de 1980 a 2009. Os dados gerais do período de ocorrência de cada evento foram coletados na dissertação de mestrado de Reckziegel (2007), na Defesa Civil Estadual e na imprensa local com o Jornal Imparcial. Estas informações serviram de base para identificar o comportamento temporal e espacial das inundações que afetaram a área urbana de São Gabriel no período estudado.

Com a identificação dos bairros que apresentaram registro de eventos possibilitou-se localizar as áreas sujeitas à ocorrência do fenômeno.

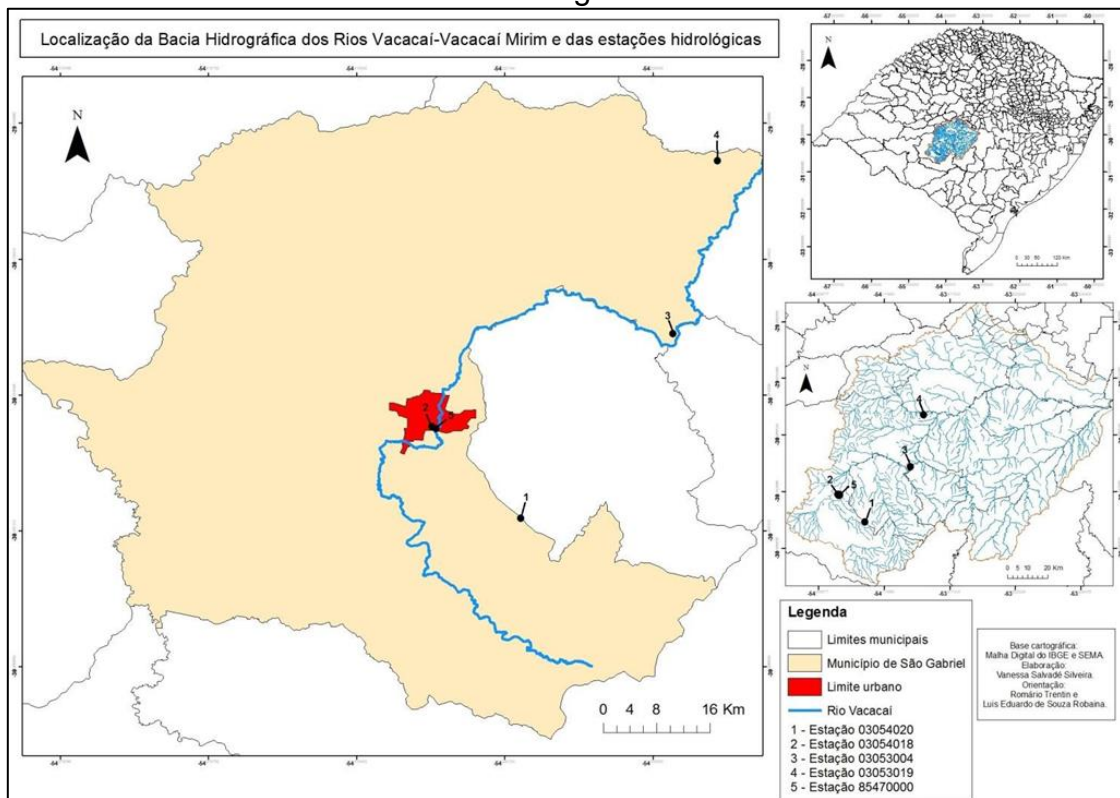
Os dados hidrológicos referente à cota altimétrica do Rio Vacacaí e as precipitações que atingiram o município durante os eventos de inundações foram coletados no site do HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) da Agência Nacional de Águas (ANA).

As estações obtidas no portal referentes à precipitação são, no total, quatro, sendo elas: Estação da ANA 03053019 (Colônia Pavão), coordenadas 30°00'00"S / 53°56'00"W; Estação ANA 03054018 (São Gabriel), coordenadas 30°21'27"S / 54°19'50"W; Estação ANA 03053004 (Passo do Rocha), coordenadas 30°13'57"S / 53°59'36"W e Estação ANA 03054020 (RS-473), coordenadas 30°28'50"S / 54°11'54"W. Quanto à estação referente à cota altimétrica do rio, apresenta-se apenas uma, sendo ela: Estação ANA 85470000 (Ponte São Gabriel), coordenadas 30°21'35"S / 54°18'48"W (Figura 2).

Visando estabelecer uma correlação com os eventos de El Niño, utilizou-se a classificação estabelecida pelo CPTEC-INPE e pelo Climate Prediction Center que estabelecem uma definição da intensidade dos eventos quanto ao grau fraco, moderado ou forte.

Em trabalhos de campo foi possível verificar as áreas dos limites de inundação com auxílio de equipamento de posicionamento global. A utilização do software ArcGis 9.3 permitiu a organização de um banco de dados com as informações do fenômeno.

Figura 2. Mapa de localização da Bacia Vacacaí-Vacacaí Mirim e das estações hidrológicas.



O zoneamento de risco de inundação foi realizado através da análise da probabilidade de ocorrência do fenômeno de inundação e da vulnerabilidade da população afetada.

A probabilidade de ocorrência do fenômeno foi determinada a partir do cruzamento entre as variáveis: frequência dos eventos, mapa de suscetibilidade determinado pela identificação da planície de inundação, e mapa da área urbana.

A partir da integração dessas informações foram definidos dois diferentes níveis de perigo de inundação em termos de probabilidade espacial e temporal na área de estudo, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1. Descrição e peso das classes de perigo à inundações.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas na planície de inundação com alta probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações
Baixa	Áreas urbanas na planície de inundação com baixa probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações

A vulnerabilidade foi estabelecida, a partir da identificação da área de perigo, através da determinação das características da população que sofre o

dano, sua capacidade de intervenção ao evento. Para isso, definiu-se o tipo de moradia e as condições gerais das áreas afetadas pelas inundações.

A partir da integração dessas informações, foram determinados diferentes níveis de vulnerabilidade a inundações em termos de probabilidade de ocorrência espacial e temporal e pela probabilidade de danos na área de estudo, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Descrição e peso das classes de vulnerabilidade a inundações.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas com baixo-muito baixo padrão de moradias, adensamento, relativamente alto, baixa capacidade de ações contra inundações.
Média	Áreas urbanas com médio-baixo padrão de moradias, adensamento, relativamente, alto e é possível observar algumas ações estruturais, localizadas, contra inundações.
Baixa	Áreas urbanas com padrão construtivo médio, mais elevado ou um número reduzido de moradias atingidas.

O zoneamento do risco foi realizado a partir do cruzamento dessas informações indicando diferentes níveis de risco a inundações em termos de probabilidade de ocorrência e de danos, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3. Descrição e peso das classes de risco à inundações.

Classe	Descrição
Alta	Áreas urbanas com baixo-muito baixo padrão de moradias, adensamento, relativamente alto, baixa capacidade de ações contra inundações.
Média	Áreas urbanas com médio-baixo padrão de moradias, adensamento, relativamente, alto e é possível observar algumas ações estruturais, localizadas, contra inundações.
Baixa	Áreas urbanas com padrão construtivo médio, mais elevado ou um número reduzido de moradias atingidas.

INUNDAÇÕES EM SÃO GABRIEL

Caracterização temporal e espacial dos eventos

Os registros de inundações no município de São Gabriel apontam no geral 30 eventos de inundação do ano de 1980 a 2009, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4. Relação dos anos e meses dos eventos de inundação decretos de Situação de Emergência.

Ano	Mês	Decreto
1982	Novembro	Sem decreto
1983	Fevereiro	Sem decreto
	Maio	Sem decreto
	Julho	Situação de Emergência
1984	Maio	Sem decreto
	Maio	Situação de Emergência
	Junho	Sem decreto
1985	Agosto	Sem decreto
1986	Abril	Sem decreto
	Novembro	Sem decreto
1987	Janeiro	Sem decreto
	Abril	Situação de Emergência
1990	Abril	Sem decreto
	Novembro	Situação de Emergência
1991	Abril	Sem decreto
1992	Abril	Sem decreto
1993	Novembro	Situação de Emergência
1994	Outubro	Sem decreto
1997	Novembro	Situação de Emergência
	Dezembro	Situação de Emergência
1998	Fevereiro	Sem decreto
	Abril	Sem decreto
	Junho	Sem decreto
	Agosto	Situação de Emergência
2001	Outubro	Sem decreto
2002	Setembro	Sem decreto
	Outubro	Situação de Emergência
	Novembro	Sem decreto
	Dezembro	Sem decreto
2009	Novembro	Situação de Emergência

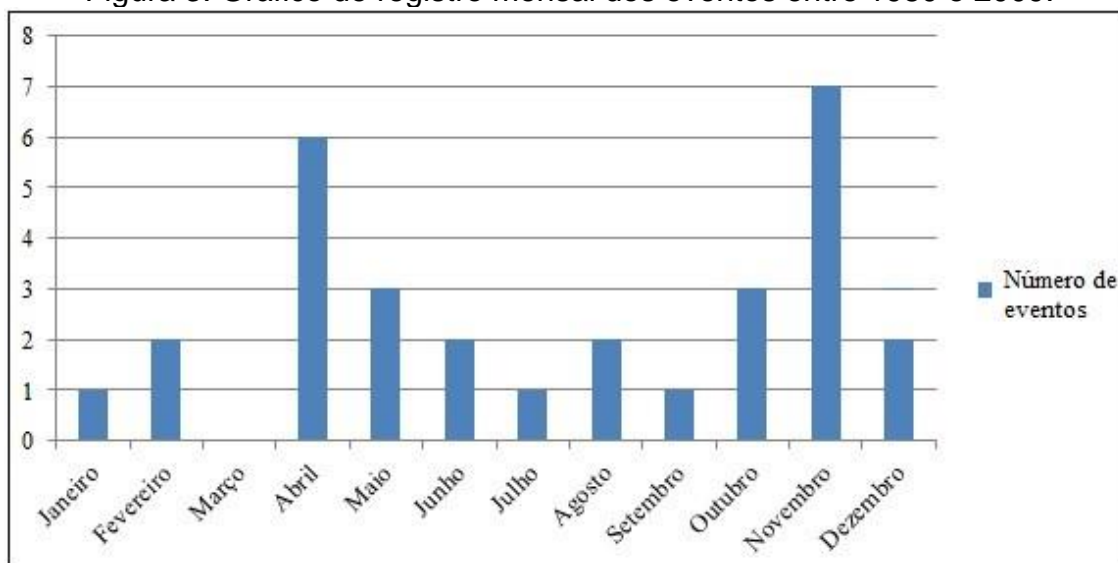
Nos anos 80, as inundações ocorridas nos anos de 1983, 1984, 1986 e 1987 foram muito representativas, pois foram registrados mais de um evento em cada um dos referidos anos. Os eventos de maior intensidade e/ou perdas foram os ocorridos em julho de 1983, maio de 1984 e abril 1987, quando foi decretado Situação de Emergência.

Na década de 90, os anos de 1990, 1993, 1997 e 1998 são os mais representativos com ocorrência de mais de um evento cada ano. No ano de 1997, foram registrados dois eventos onde foi decretado Situação de Emergência.

Nos anos 2000, cabe ressaltar os eventos ocorridos em 2001, 2002 e 2009. No ano de 2002, são registrados quatro eventos em que um deles apresenta registro de Situação de Emergência. Em 2009, há também registro de Situação de Emergência na cidade.

Dentre os meses mais afetados destaca-se o início do outono, com o mês de abril; e o período de primavera, com mês de novembro (Figura 3), sendo os meses mais significativos quanto aos processos de inundação, em São Gabriel, com ocorrência de seis eventos em abril e sete eventos em novembro.

Figura 3. Gráfico de registro mensal dos eventos entre 1980 e 2009.



Dentre as escalas geográficas de clima que são responsáveis pela gênese das inundações, pode-se destacar a escala regional. Esta é responsável pela sucessão de massas de ar e correntes perturbadas. É responsável pela formação das grandes zonas barométricas da Terra, às quais estão ligadas a formação do fenômeno El Niño.

Com a ocorrência deste evento, é sabido que o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) fortalece-se e impede, em muitos casos, o avanço das frentes polares para latitudes mais baixas, podendo permanecer por vários dias sobre o

território gaúcho e, em algumas situações gerar inundações (CPTEC-INPE, 2013).

Nesse sentido, o quadro 5 apresenta uma relação entre os anos com ocorrência de inundações em São Gabriel e os anos nos quais foi registrada a atuação do fenômeno El Niño, no período de 1980 a 2009, bem como sua intensidade.

Quadro 5. Anos de ocorrência de inundação e intensidade do evento El Niño.

Ano de Registro de Inundação	Intensidade do El Niño
1983	Forte
1984	-
1986	Moderado
1987	Moderado
1990	Forte
1993	Forte
1994	Moderado
1997	Forte
1998	Forte
2002	Moderado
2009	Forte

Percebe-se que os anos que registraram importantes inundações, tiveram associação com anos cujo fenômeno El Niño estava atuando com intensidade forte a moderada. O evento ocorrido no ano de 1990, por exemplo, marcou uma das maiores cotas do Rio Vacacaí com 810 cm acima do leito normas, apresentando Situação de Emergência na cidade. No ano deste evento o fenômeno El Niño apresentou intensidade forte.

Nos anos de 1997, 1998 e 2009 o fenômeno El Niño atuou com intensidade forte, assim como, foram registradas altas cotas do rio junto à cidade de São Gabriel. O ano de 1997 está na faixa de transição dos eventos de La Niña e El Niño. O mês de dezembro deste ano apresenta dentro da escala considerada, valores altos indicando uma intensidade forte neste período. O mesmo ocorre no ano de 2009, em que o evento registrado no mês de novembro apresenta intensidade forte do fenômeno.

O ano de 2002 também apresenta influência do fenômeno El Niño. Os eventos ocorreram neste ano nos meses de setembro e dezembro e, segundo a

escala intensidade do fenômeno, este ano apresenta uma intensidade moderada. Assim como, em que os meses registrados apresentam registro de intensidade moderada, sendo este um ano de transição do fenômeno La Niña para o fenômeno El Niño.

Além disso, sabe-se que o fenômeno El Niño não possui atuação durante todo o decorrer de um ano, mas sim, em alguns meses do ano, que comumente não são os mesmos meses a cada manifestação do fenômeno, apesar de Berlato e Fontana (2003) destacarem que o período de maior influência do fenômeno sobre a precipitação do estado, é de outubro a dezembro, principalmente nos meses de outubro e novembro. Em menor intensidade, também ocorre influência no período de abril a junho. Isso corrobora com os meses verificados com maior número de eventos de inundação, na cidade de São Gabriel, que foram novembro com sete eventos registrados e abril com o total de seis eventos, como foi mostrado anteriormente no gráfico da figura 3.

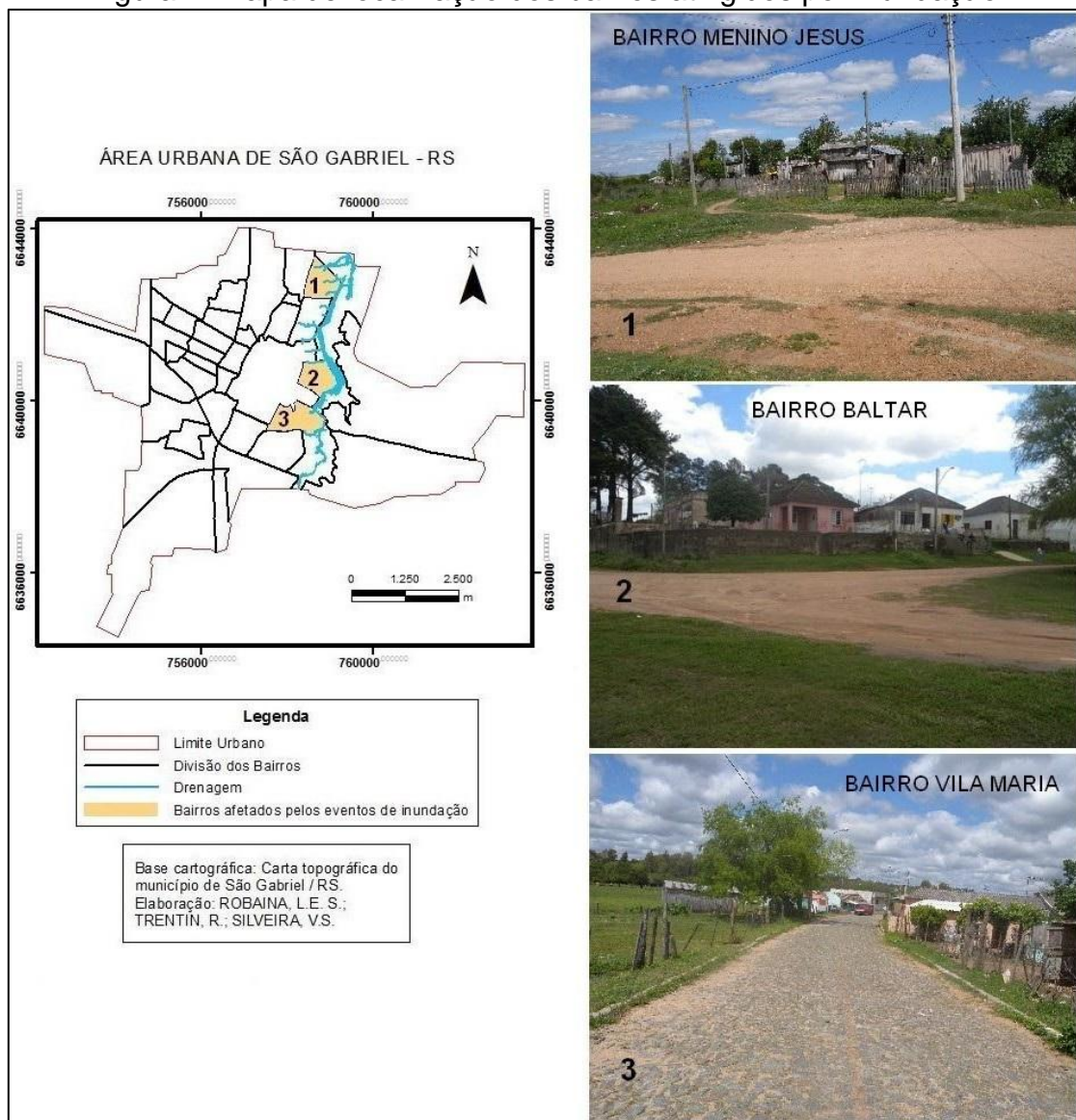
Especialmente, identificou-se os bairros mais atingidos, que são: Vila Maria, Baltar e Menino Jesus, como mostra o mapa na figura 4.

Nos bairros atingidos definiu-se o zoneamento de risco através dos trabalhos de campo. Nesse zoneamento foi identificada uma área de baixo risco de inundações localizada no bairro Vila Maria, onde os parâmetros de perigo e a vulnerabilidade são caracterizados como baixos, ocupando uma área de 0,20 km², ou seja, nestas áreas existe uma baixa probabilidade de ocorrência de inundações e são esperadas baixas consequências de danos e prejuízos.

A área com médio risco a inundações ocupa área de 0,03 km², está localizada no bairro Baltar. Nessas áreas existe baixa probabilidade de ocorrência de inundações e são esperadas médias ou altas consequências de danos e prejuízos dependendo da vulnerabilidade da população residente.

As áreas com alto risco a inundações ocupam área de 0,11 km², localizando-se no bairro Baltar e bairro Menino Jesus. Caracterizam-se como áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações e onde são esperadas médias consequências de danos e prejuízos pela maior capacidade, relativa, da população em enfrentar o problema.

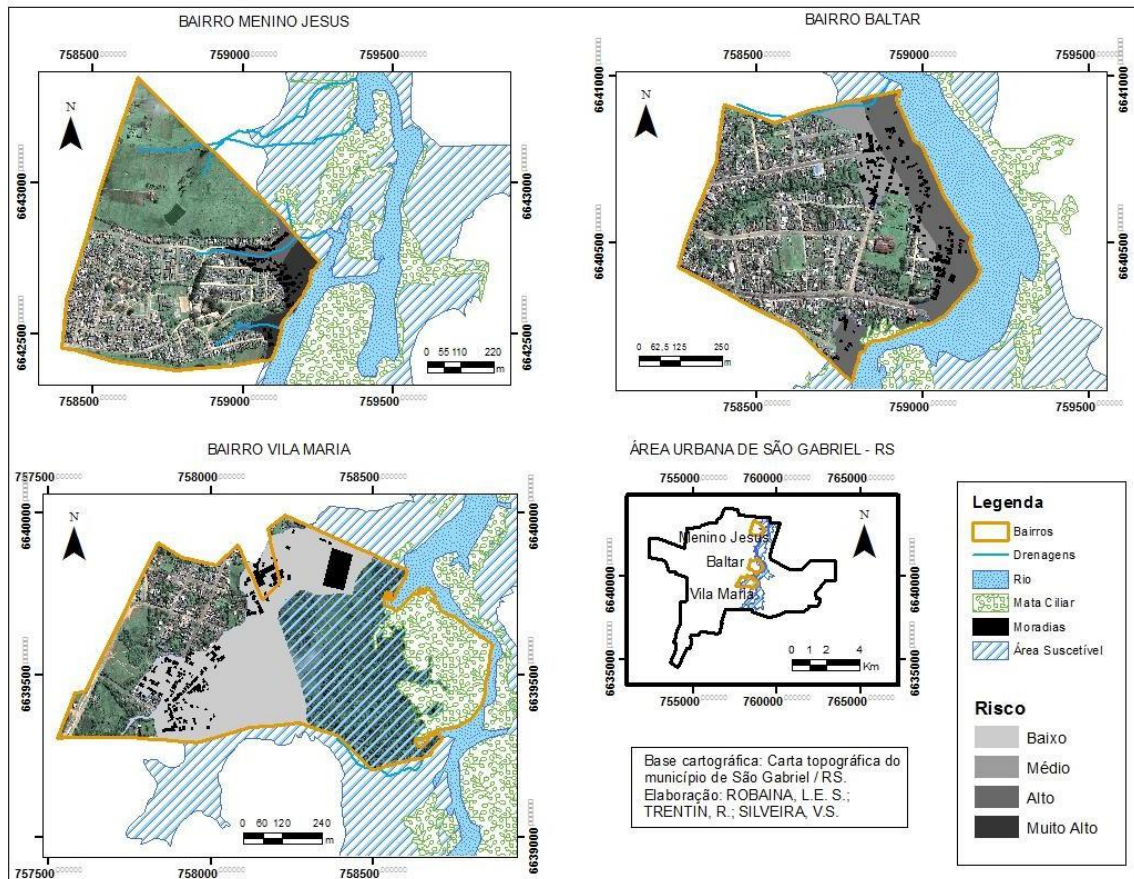
Figura 4. Mapa de localização dos bairros atingidos por inundação.



A área definida como muito alto risco a inundações, ocupa área de 0,02 km². Está representado por uma área com o mais baixo padrão de moradias, localizada no bairro Menino Jesus, onde a área urbana aproxima-se mais da margem direita do Rio Vacacaí. Nessas áreas existe uma alta probabilidade de ocorrência de inundações e são esperadas altas ou muito altas consequências de danos a prejuízos a população, dada sua vulnerabilidade.

A distribuição espacial do zoneamento das áreas com risco de inundação, na área urbana de São Gabriel, pode ser observada no mapa da Figura 5.

Figura 5. Mapa das áreas com risco de inundações.



Caracterização hidrológica

Esta análise busca relacionar os dados de precipitação de estações pluviométricas no município de São Gabriel, com dados de cota de uma estação fluviométrica no Rio Vacacaí, como mostra a tabela do quadro 6 com os dados dos eventos analisados no trabalho ao longo de 29 anos.

Os eventos de inundação na cidade de São Gabriel ocorrem ao redor da cota de 500cm acima do leito normal, como 502cm em 09 de maio de 1984 (figura 6), nos dias 6 e 7 deste período a precipitação chegou próximo a 57 e 37 mm (Figura 7), respectivamente. No dia 25 de abril de 1991 onde ocorre um evento de inundação com o rio atingindo a cota de 540 cm e em novembro de 1993 com cota máxima de 574 cm, em outubro de 2001 com cota máxima de 541 cm.

As cotas máximas que ocasionam eventos de inundação estão entorno de 700cm, como pode-se notar nas ocorrências de praticamente todas as inundações pesquisadas, porém, a maior cota registrada em um evento é de 810cm no ano de 1990. Este evento apresenta características de inundação

brusca, pois houve uma chuva intensa e concentrada resultando em 103mm de precipitação em um só dia.

Com relação às características das inundações na cidade há uma equilibrada divisão, ou seja, há inundações graduais em que a precipitação se prolonga por 3 a 4 dias causando problemas as população ribeirinhas. E logo, as inundações bruscas que podem estar relacionadas a uma forte influência do fenômeno El Niño no ano do evento, como por exemplo nos anos de 1990, 1997 e 1998. Outra informação importante está nos dados de precipitação, pois em uma chuva concentrada de aproximadamente 80mm já é possível causar inundação.

Quadro 6. Relação dos dados de precipitação e cota no município de São Gabriel.

Ano	Mês	Cota máxima atingida	Precipitação acumulada	Estação pluviométrica	Dias das precipitações acumuladas
1984	Maio	502cm	94mm	03053019	06 e 07
	Maio	738cm	160mm	03053019	20, 21 e 22
1986	Abril	744cm	130mm	03054018	11 a 14
1990	Novembro	810cm	103mm	03054018	04
1991	Abril	540cm	137mm	03054018	22 a 25
1993	Novembro	574cm	119mm	03054018	17 a 22
1997	Dezembro	787cm	127mm	03054018	31
1998	Junho	735cm	130mm	03054018	09, 10 e 11
2001	Outubro	541cm	94mm;69mm	03054018; 03053004	01 a 06
2002	Setembro	712cm	87mm;79mm	03054018; 03053004	12
	Novembro	699cm	82mm;137mm	03053004; 03054018	21
	Dezembro	768cm	96mm; 123mm	03053004; 03054018	01 e 02
2009	Novembro	743cm	118mm;89mm	03054020; 03054018	21, 22 e 23; 19

Para melhor caracterização dos eventos definiu-se 03 eventos significativos, de 1984, 1990 e 2009, para apresentar os dados de precipitação e hidrológicos.

No evento em maio de 1984, a precipitação, medida pela estação 03053019, nos dias 20, 21 e 22 apresentou 37, 56 e 67 mm, respectivamente (Figura 7). Assim, o rio atingiu a cota de 738 cm, no dia 23, como mostra o gráfico

da figura 6, subindo 500 cm em seis dias, sendo necessário estabelecer decreto de emergência.

Figura 6. Gráfico com as cotas registradas em maio de 1984 pela estação 85470000.

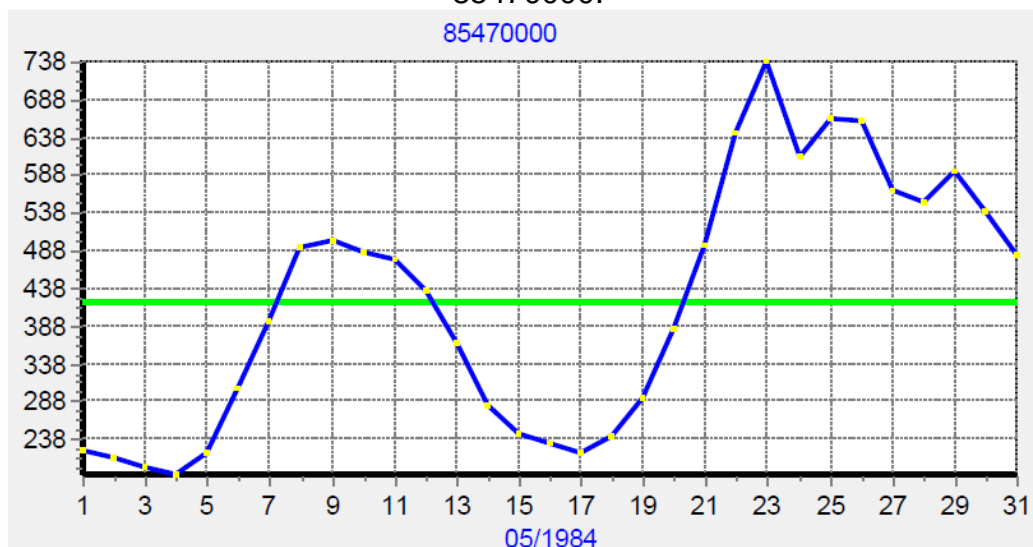
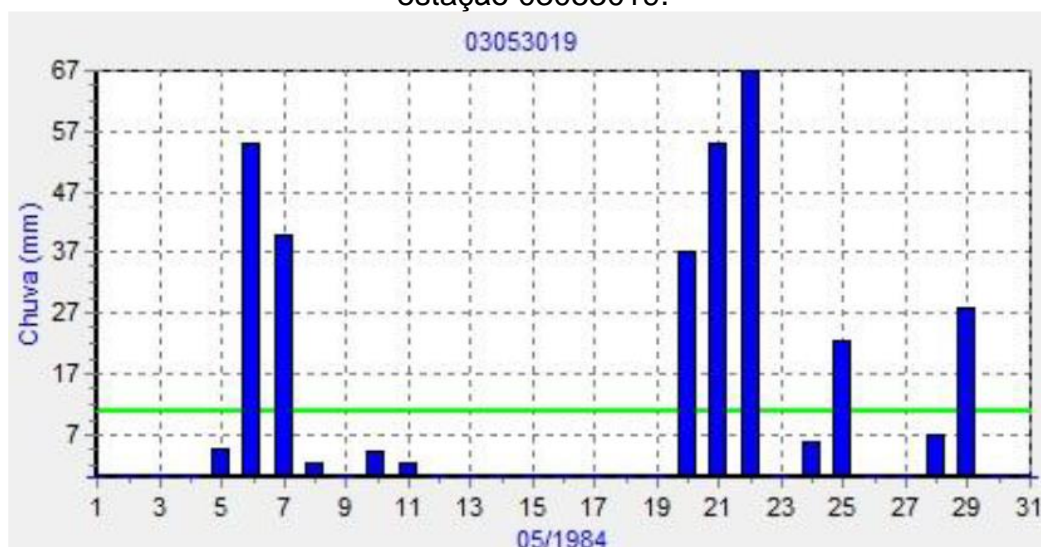
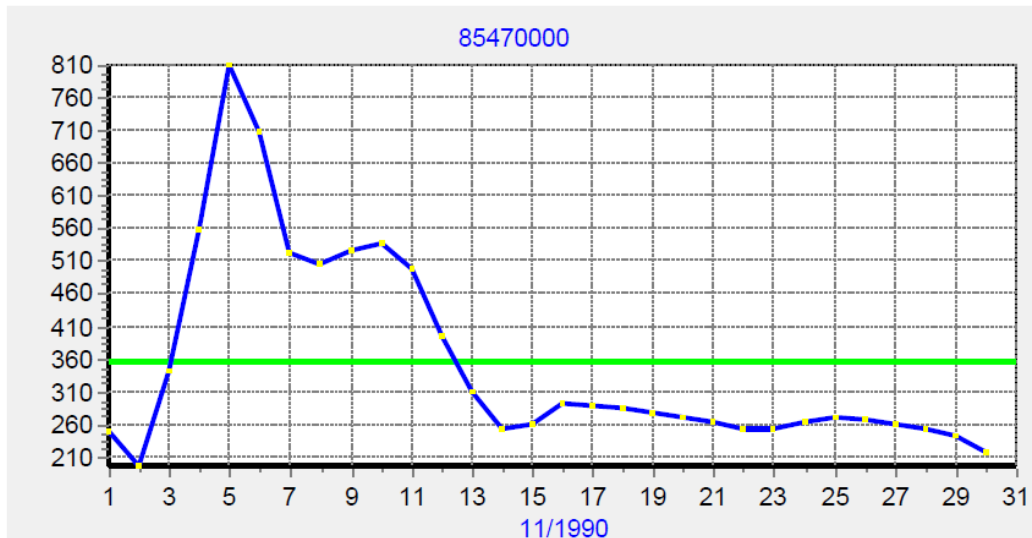


Figura 7. Gráfico com as precipitações registradas em maio de 1984 pela estação 03053019.



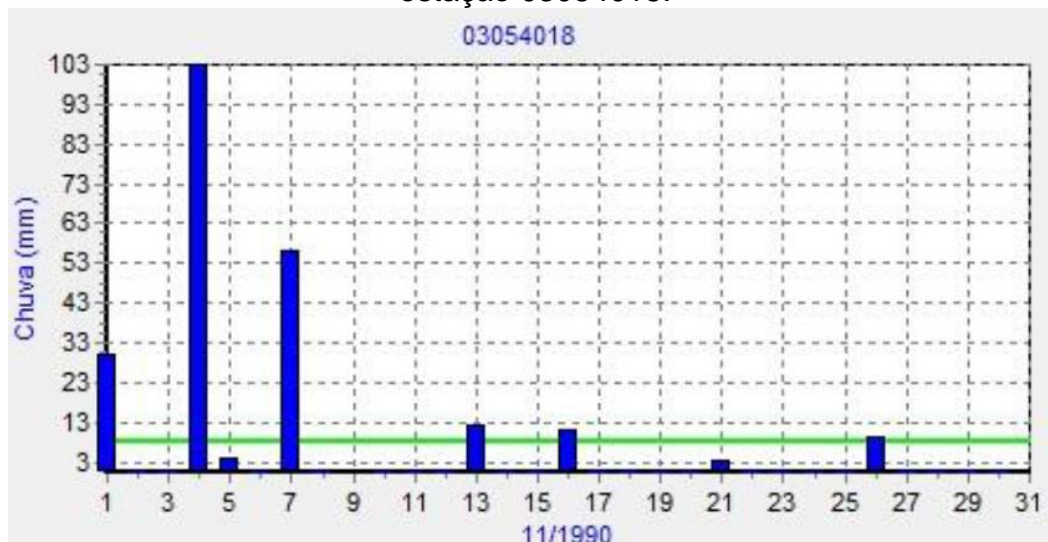
Em novembro de 1990 o rio atingiu uma cota máxima de 810 cm, sendo um dos eventos mais significativos dentro do histórico de inundação da cidade de São Gabriel (Figura 8). O evento se caracterizou como uma inundação brusca, pois a elevação das águas de 600 cm ocorreu em três dias. Este evento gerou a necessidade de ser decretada Situação de Emergência na cidade.

Figura 8. Gráfico com as cotas registradas em novembro de 1990 pela estação 85470000.



Neste evento, quanto à precipitação, o gráfico mostra a grande quantidade de chuva registrada no dia 04 com 103 mm, confirmando o registro de inundação brusca em que a cota máxima foi registrada do dia 05 (Figura 9). No ano deste evento o fenômeno El Niño apresentou intensidade forte.

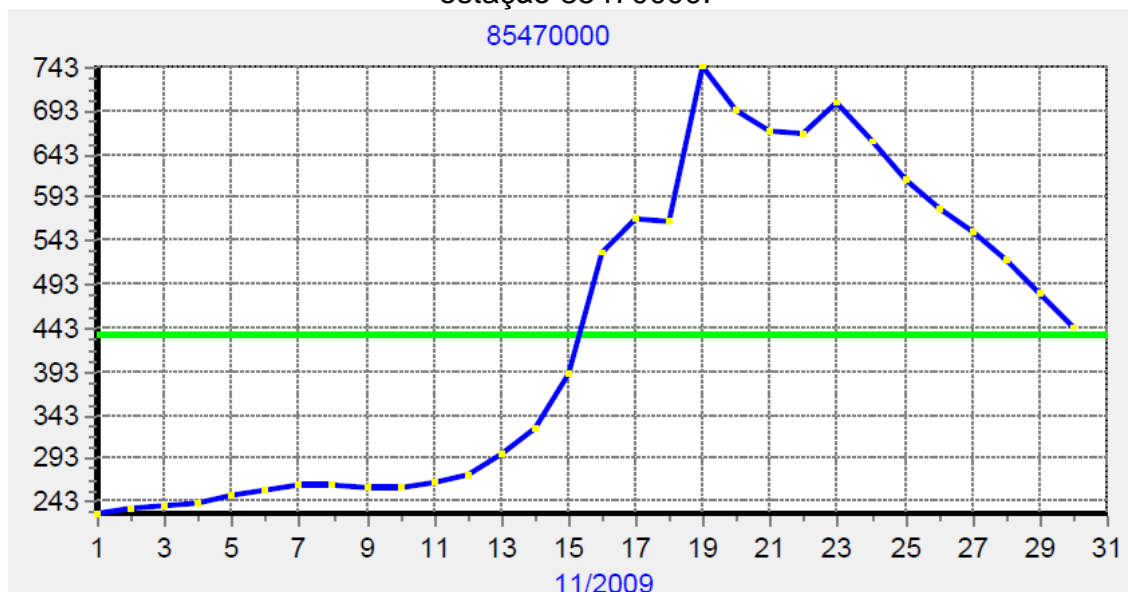
Figura 9. Gráfico com as precipitações registradas em novembro de 1990 pela estação 03054018.



No mês de dezembro de 2009, no dia 16 a cota aparece elevada, acima dos 500 cm, que provoca problemas nas áreas ribeirinhas. Mas é no dia 19 que a inundação causa os maiores prejuízos quando atinge a cota máxima de 743 cm (Figura 10). Durante alguns dias a cota permaneceu alta e apenas no final

do mês tende a baixar como mostra o gráfico da figura 10. Em 2009, o evento El Niño influencia os eventos de precipitação com uma intensidade forte.

Figura 10. Gráfico com as cotas registradas em dezembro de 2009 pela estação 85470000.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir destes levantamentos de dados e a análise quanto aos processos de inundações ocorridas no município de São Gabriel, no Estado do Rio Grande do Sul, com os dados coletados no site do Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA) e notícias dos eventos no Jornal Imparcial, jornal de circulação no município; foi possível compreender melhor a dinâmica destes eventos no mesmo.

A partir destas análises verificaram-se eventos importantes, como por exemplo, o evento que ocorreu em maio de 1984 em que o Rio Vacacaí atingiu 502 cm. Com isso, sabe-se a menor cota em que um evento é confirmado. Assim, este evento marca a menor cota atingida para que ocorra evento de inundação na cidade.

Outro evento importante é o ocorrido em novembro de 1990, que se mostra um dos mais significativos dentro do histórico de inundação da cidade de São Gabriel por apresentar uma das mais altas cotas de elevação das águas do Rio Vacacaí, sendo que esta atingiu 810 cm.

Portanto, entender a dinâmica com que as inundações costumam ocorrer na área urbana do município de São Gabriel tem grande importância para as

ações de gestão e planejamento que devem buscar eliminar e/ou mitigar as perdas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (**ANA**). Disponível em: <www.ana.gov.br/> Acesso em: 10 abr. 2013.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de Desastres**. Brasília: [s.n.], 2003.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (**CPTEC-INPE**). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 29 jul. 2013.

CLIMATE PREDICTION CENTER (**CPC**). Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>> Acesso em: 06 set. 2013.

FREITAS, Rafael Bilhan. Inundações no Rio Grande do Sul: Estudos na Cidade de Alegrete. In: Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 26 abr. 2013.

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.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL. **Plano diretor do município de São Gabriel**. Disponível em: <<http://www.saogabriel.rs.gov.br>> Acesso em: 26 abr. 2013.

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) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, Santa Maria - RS.

