

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO – SC

Methodological proposal for mapping flood risk areas: case study of Rio Negrinho city - SC

Roberto Fabris Goerl¹
Masato Kobiyama²
Joel Robert Georges Marcel Pellerin³

¹Universidade Federal do Paraná
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Bolsista Reuni
Av. Francisco H dos Santos, s/n – Centro Politécnico – Bloco 5, Sala PH14,
CEP 81531-990, Caixa Postal 19001,
Jardim da Américas – Curitiba – Paraná
roberto.fabris@gmail.com

²Universidade Federal de Santa Catarina
Professor Associado III, Laboratório de Hidrologia - LabHidro - Bolsista do CNPq,
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima,
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – ENS/CTC,
CEP 88040-900, Caixa Postal 476,
Trindade – Florianópolis – Santa Catarina
kobiyama@ens.ufsc.br

³Universidade Federal de Santa Catarina
Professor Emérito, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima,
Programa de Pós-Graduação em Geografia GCN/CFH,
CEP 88040-900, Caixa Postal 476,
Trindade – Florianópolis – Santa Catarina
pellerin@cfh.ufsc.br

RESUMO

Inundações são fenômenos naturais que afetam a vida da humanidade desde a antiguidade. Entre todos os tipos de desastres naturais, as inundações são os que impactam o maior número de pessoas, deixando centenas de milhares de desabrigados todos os anos. Dentre as medidas mitigadoras relacionadas às inundações, destaca-se o mapeamento de áreas de risco pelo seu baixo custo e alta aplicabilidade. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo propor e aplicar uma nova metodologia para mapeamento de áreas de risco a inundação. A área de estudo abrange o município de Rio Negrinho, SC, devido ao seu histórico extenso de eventos de inundações. A mensuração de risco, de maneira geral, compreende a análise da vulnerabilidade e do perigo. Assim, tendo como unidade territorial o setor censitário, foi elaborado um Índice de Vulnerabilidade através do qual os setores foram classificados. Posteriormente, realizou-se a análise do perigo respaldada na legislação municipal. Com base na relação vulnerabilidade e perigo foi estimado o risco. Através da presente metodologia, determinaram-se quais os setores censitários possuem maior risco, os quais devem ser alvos de políticas públicas e medidas mitigadoras. Além disso, através do índice de vulnerabilidade pode-se analisar o município em relação às características socioeconômicas, determinando as áreas prioritárias para investimentos públicos. Ressalta-se que a presente metodologia, devido a seu baixo custo e da realização do censo em todo o território nacional, pode ser aplicada em qualquer município brasileiro.

Palavras chave: Risco, perigo, vulnerabilidade, mapeamento.

ABSTRACT

Floods are natural phenomena that affect the human life since antiquity. Among all the types of natural disasters, floods impact the largest number of people and making hundreds of thousands homeless every year. Despite the fact that there are many mitigation measures related to floods, flood risk mapping is distinguished by its low cost and easy application. In this context, the present study aimed to develop and implement a methodology for mapping flood risk areas. Because of its floods records, Rio Negrinho city, Santa Catarina state, was chosen as study area. The risk determination generally involves the analysis of vulnerability and hazard. Thus, having the census block as territorial unit of analysis, a Vulnerability Index was created, by which all the census blocks were classified. After that, by observing the municipal law, the hazard area was estimated. Through the relationship between vulnerability and hazard, the risk was established. The present methodology was performed to determine which census blocks have the highest risk and should be target of public policy and mitigation measure. Moreover, with the Vulnerability Index the city can be analyzed in terms of the socioeconomic characteristics, which determines the priority areas for public investment. Thus, the present methodology can be applied in all municipalities due to its low cost characteristic and because the census is conducted over the whole Brazilian territory.

Keywords: Risk, hazard, vulnerability, mapping.

1 INTRODUÇÃO

Inundações são fenômenos naturais que afetam a vida da humanidade desde a antiguidade. Entre todos os tipos de desastres naturais, as inundações são os que impactam o maior número de pessoas, deixando centenas de milhares de desabrigados todos os anos (Tung, 2002; Moore *et al.*, 2005). Conforme UN (2004), as inundações causaram, nas últimas décadas, no mundo, cerca de um terço dos prejuízos e danos causados por todos os tipos de desastres e foram também responsáveis por dois terços das pessoas afetadas por estes desastres.

Kron (2002) comenta que as inundações se tornaram extremamente severas nas décadas recentes. Isto evidencia que ambos, a intensidade e a frequência, vêm aumentando. Este incremento pode estar associado principalmente ao crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas. Muitas planícies de inundações foram ocupadas por parques industriais e áreas residências. Além disto, os centros urbanos desenvolveram-se, fato que diminui a capacidade de infiltração, aumenta o volume do escoamento superficial e, consequentemente, o pico da vazão das cheias (VENDRAME e LOPES, 2005).

Não é possível controlar o aumento do número de ocorrências das inundações severas. Por outro lado, medidas preventivas e mitigadoras devem se tornar mais eficazes e

acessíveis, objetivando diminuir os danos e o número de pessoas afetadas. Segundo Yalcin e Akyurek (2004), alguns problemas relacionados às inundações podem ser solucionados através de estudos planejados e projetos detalhados sobre as áreas propensas a estes eventos. Oliveira *et al.* (2004) comentam que o zoneamento do território baseado na avaliação da susceptibilidade e do risco é considerado um instrumento fundamental para a integração dos riscos no planejamento ambiental.

Analisando dados do EM-DAT – *International Disaster Database*, observa-se que nos últimos 46 anos houve um grande aumento no número de pessoas afetadas pelas inundações, bem como o número de eventos severos (Figura 1). Entre os anos de 1976 e 2006, as inundações ocasionaram aproximadamente US\$ 337.833.848.000,00 de prejuízos em todo mundo (EM-DAT, 2006)

Como esse banco de dados registra apenas desastres de grande magnitude, estes danos são certamente maiores, pois um vasto número de pequenos e médios eventos ocasiona cerca de US\$ 10 bilhões de prejuízos econômicos todos os anos (KRON, 2002). No estado de Santa Catarina, entre 2000 e 2003, as inundações causaram prejuízo de aproximadamente US\$ 137.502.686,00. (HERRMANN *et al.*, 2007; MARCELINO *et al.*, 2004)

Diante desta problemática, faz-se necessário elaborar medidas preventivas e mitigadoras que possam diminuir os impactos

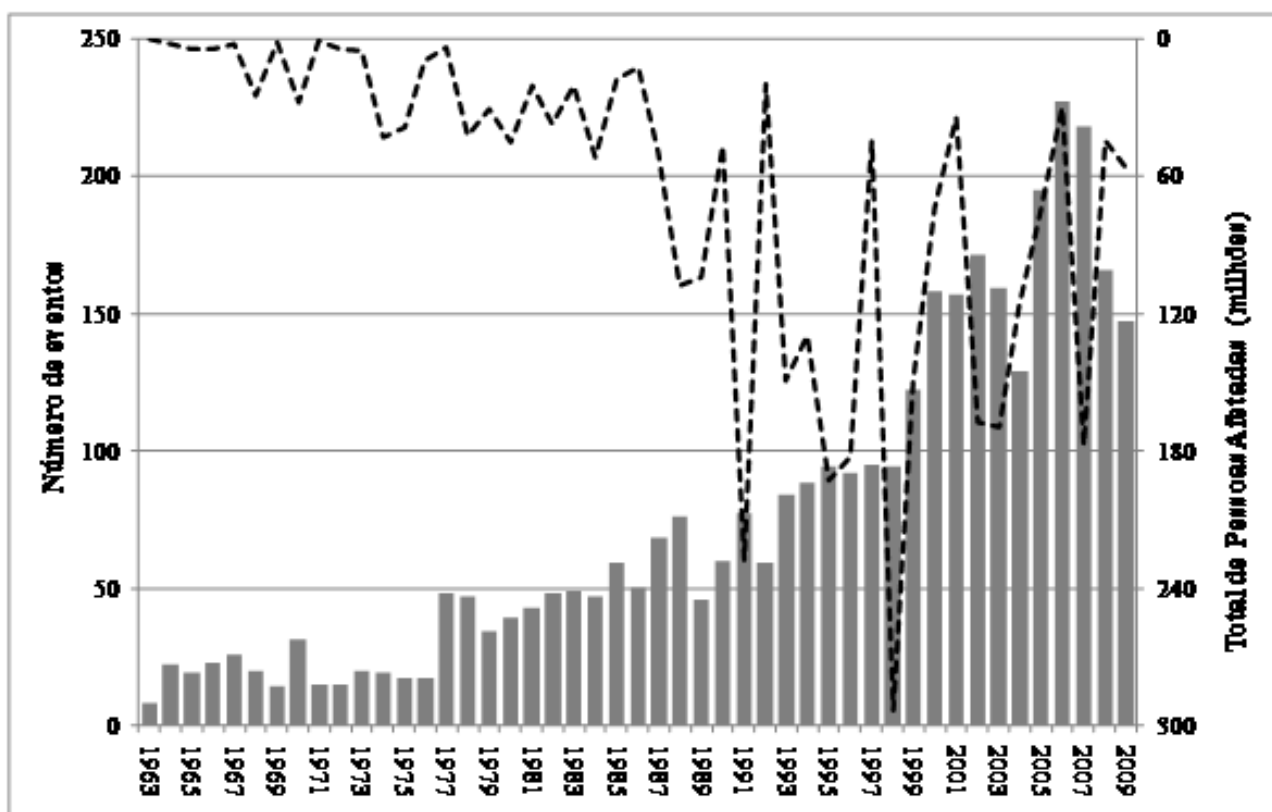


Figura 1: Número de pessoas afetadas e de eventos de inundações entre 1963-2009

destes eventos sobre as áreas consideradas de risco. Podem-se distinguir essas medidas entre estruturais e não-estruturais. As estruturais são caracterizadas pelas obras de engenharia como diques, barragens, piscinões, etc. As demais medidas que envolvem políticas públicas, mapeamento de áreas de risco, educação ambiental, etc., são enquadradas nas não-estruturais. As medidas não estruturais se destacam pelo seu baixo custo de implementação. Segundo Shidawara (1999), o mapeamento de áreas susceptíveis a inundações é uma das etapas mais importantes dentre todas as medidas existentes.

O Decreto Federal Nº 5.376 de 2005, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil e o Conselho Nacional de Defesa Civil, recomendam a identificação e inclusão das áreas de risco no plano diretor dos municípios. Nos municípios que ainda estão em fase de desenvolvimento urbano, o mapeamento de áreas susceptíveis a fenômenos naturais é de suma importância para que os mesmos não se desenvolvam sobre as áreas de risco.

O município de Rio Negrinho - SC sofre ao longo das últimas décadas com diversas inundações. No Plano Diretor do município, aprovado em 2007, as inundações são tratadas de maneira incipiente. Apesar destas dificuldades, estudos relacionados às inundações devem ser feitos, visto que a sua intensidade e frequência têm aumentado.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo apresentar uma proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco de inundações através do setor censitário como unidade de análise. Aplicou-se essa proposta metodológica ao município de Rio Negrinho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Perigos Naturais e Desastres Naturais

Os perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais potencialmente prejudiciais que ocorrem na biosfera, que podem causar sérios danos sócio-econômicos às comunidades expostas (ISDR, 2002; UNDP, 2004).

Inundações, deslizamentos e outros tipos de fenômenos naturais causadores de desastres podem ser denominados perigos naturais e têm como principal característica a de colocar em risco diferentes entidades e classes sociais. Este risco não se refere aos fenômenos naturais *per se*, mas a junção dos fenômenos naturais com os sistemas humanos e suas vulnerabilidades (ALCÁNTARA-AYALA, 2002)

Conforme Monteiro (1991), é imprescindível considerar que a existência de perigos naturais é uma função do ajustamento humano a eles, posto que sempre envolvem iniciativa e decisão humana, ou seja, “enchentes não seriam danosas se o homem evitasse as planícies de inundação” (MONTEIRO, 1991, p. 08).

O termo perigo é uma categoria que se destaca pela dificuldade de precisá-la conceitualmente. O emprego do conceito de perigo pode abranger fenômenos como avalanches, terremotos, erupções vulcânicas, ciclones, deslizamentos, tornados, enchentes, epidemias, pragas, fome e muitos outros (MATTEDI e BUTZKE, 2001).

A Tabela 1 apresenta algumas definições do termo perigo (*hazard*) e perigo natural (*natural hazard*). Nota-se que, apesar de pequenas singularidades, há certo consenso nas definições do termo perigo e o que ele representa: Um evento natural com potencial de causar danos.

A partir da interação entre perigos naturais e sistema humano tem-se os desastres naturais (WEICHSELGARTNER, 2001). Um desastre natural sempre se origina de uma relação conflituosa entre homem e natureza.

Devido à dinâmica natural do rio, por exemplo, sempre haverá ocorrência de inundações, variando especialmente quanto à magnitude e ao intervalo de recorrência. No entanto, devido ao aumento populacional das últimas décadas e a expansão urbana, as planícies de inundação começaram a ser intensamente ocupadas. Deste conflito de interesses em que o homem ocupa áreas propensas a eventos naturais, sabendo muitas vezes da ocorrência dos mesmos, é que se dá a ocorrência dos desastres naturais.

Segundo Benson e Clay (2003), desastre natural é a ocorrência de um anormal e não freqüente perigo que impacta comunidades ou áreas vulneráveis, causando danos substanciais, alterando o estado de funcionalidade da comunidade afetada.

Conforme ECLAC (2003), desastres são súbitos e inesperados eventos, geralmente acompanhados de perdas de vidas, que ocasiona em parte ou em toda uma comunidade, prejuízos, ruptura temporária nos sistemas vitais, danos materiais e consideráveis distúrbios nas atividades econômicas e sociais. A Organização das Nações Unidas, através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento sugere que um desastre natural pode ser entendido como os efeitos da ocorrência de um perigo natural, onde os danos e prejuízos gerados excedem a capacidade de uma comunidade ou sociedade em lidar com o desastre (UNDP, 2004)

2.2 Risco

A ocorrência de um desastre natural está sempre associada às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Neste contexto, adota-se o termo risco, que pode ser considerado com a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004). Usualmente para a definição de risco, adota-se a seguinte função:

$$R = f(H, V) \quad (1)$$

Onde R é risco, H é perigo (*hazard*), e V é vulnerabilidade. Chen *et al.* (2004) sugerem que risco pode ser visto como uma função do perigo, exposição e vulnerabilidade. Stephenson (2002) adota risco como sendo a probabilidade de ocorrência de um perigo, considerando para isso o tempo de retorno do mesmo (intensidade). UNDP (2004) sugere ainda uma modificação da relação apresentada anteriormente (Equação 1), sendo risco (R) uma função da probabilidade da ocorrência de

Tabela 1: Termos e definições utilizadas para o termo perigo/perigo natural

Autor	Termo	Definição
Schumm (1994)	Perigo	Refere-se ao risco ou perigo potencial, o qual geralmente é assumido como sendo uma catástrofe ou desastre em potencial, que envolve grandes danos e perda de vidas.
Smith (1996)	Perigo	Pode ser definido como uma ameaça potencial para o ser humano e seu bem-estar
Tobin e Montz (1997)	Perigo Natural	Representa uma interação potencial entre a sociedade e eventos naturais extremos.
Alcântara-Ayala (2002)	Perigo Natural	São eventos capazes de produzir danos ao espaço físico e social, não apenas durante a sua ocorrência, mas também posteriores a sua ocorrência, pelas associações de duas conseqüências.
Benson e Clay (2003)	Perigo Natural	Um evento geofísico, atmosférico ou hidrológico que tem o potencial de causar prejuízos e danos.
ISDR (2004)	Perigo	Evento físico, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa, que pode causar mortes, danos às propriedades, distúrbios sociais e econômicos ou degradação ambiental.
Dwyer <i>et al.</i> (2004)	Perigo Natural	Pode ser considerado como sendo um específico evento natural caracterizado por certa magnitude e probabilidade de ocorrência.
Koeler <i>et al.</i> (2004)	Perigo	É um fenômeno físico natural que pode ocasionar perda de vidas e danos aos objetos, construções e ao ambiente.
UNDP (2004)	Perigo Natural	Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir um evento danoso.
Twigg (2004)	Perigo	Uma ameaça potencial para o ser humano e seu bem-estar.
Schmidt-Thomé <i>et al.</i> (2006)	Perigo Natural	São definidos como eventos naturais extremos que podem causar danos.
Telesca (2007)	Perigo Natural	É um elemento físico que é intrinsecamente nocivo ao ser humano e é causado por forças alheias a ele. Mais especificamente, este termo refere-se a todos os eventos atmosféricos, hidrológicos, geológicos e de queimadas que tem o potencial de afetar adversamente a sociedade, suas estruturas e atividades.

um perigo (*H*), do elemento em risco (população) (*Pop*) e da vulnerabilidade (*V*). Dessa forma, tem-se:

$$R = H \cdot Pop \cdot V \quad (2)$$

2.3 Mapeamento das áreas de risco

Conforme Enomoto (2004), o mapeamento de áreas de risco de inundação é uma ferramenta auxiliar muito poderosa no controle e prevenção de inundações. Estes mapas deveriam ser a base para todos os programas de redução de danos, pois freqüentemente têm uma importância legal em

termos de zoneamento e outras medidas não-estruturais (FRIESECKE, 2004).

Um dos pontos positivos dos mapas de risco, conforme Andjelkovic (2001), é que, tendo por base os mesmos, pode-se iniciar a construção de estruturas que previnam os danos, alertar atuais e futuros proprietários de terras sujeitas às inundações, bem como auxiliar as autoridades e tomadores de decisões a desenvolver novas idéias de desenvolvimento sustentável para estas áreas.

Marcelino *et al.* (2006) argumentam que um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente é o mapeamento de áreas de risco. A partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de

emergência e estabelecer ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais.

Shidawara (1999) argumenta que os mapas de risco possuem um grande papel no sistema de prevenção de inundação, pois em municípios pequenos e com poucos recursos econômicos torna-se muito difícil a implantação de sistemas mais sofisticados, como monitoramento e sistemas de alerta.

Para Kobiyama *et al.* (2006), os mapas de risco visam suprir uma das maiores deficiências relacionadas aos desastres naturais no Brasil, que é a ausência de sistemas de alertas, uma das ferramentas fundamentais para a prevenção de desastres naturais, especialmente os súbitos.

2.4 Vulnerabilidade

Segundo Pelling (2003), a vulnerabilidade denota a exposição ao risco e à incapacidade de evitar ou absorver danos em potencial, sendo dividida em três tipos: física (relacionada às construções), social (relacionada ao sistema social, econômico e político) e humana (união entre a física e a social). CRID (2001) define a vulnerabilidade como o grau de susceptibilidade ou de risco a que está exposta uma população a sofrer danos por um desastre natural.

Weichselgartner (2001) analisou uma variedade de definições para o termo “vulnerabilidade”, concluindo que o significado desse termo ainda não é claro. Na Tabela 2 observam-se algumas definições propostas para o termo vulnerabilidade com base nos trabalhos de Weichselgartner (2001) e Musser (2002), onde se observa que ainda não há consenso sobre o seu conceito.

A severidade de um evento, de acordo com Koeler *et al.* (2004), é diretamente proporcional à vulnerabilidade e depende de quatro fatores (físico, ambiental, econômico e social) que podem ser subdivididos em diversas categorias. Alexander (1997) comenta que a vulnerabilidade pode ser subdividida em vários tipos, como vulnerabilidade total, vulnerabilidade econômica, vulnerabilidade

tecnológica, vulnerabilidade residual e a vulnerabilidade criminal. Esta última refere-se à ocorrência de crimes devido ao caos gerado por um desastre natural.

Na prática, há inúmeras definições de vulnerabilidade explicadas pelos seus aspectos específicos que dependem do tipo de estudo, da análise e resultado requerido, do tipo de perigo (fenômeno natural), da escala temporal e espacial e das especificidades do local de estudo (BARROCA *et al.*, 2006).

Conforme Hill e Cutter (2001), há muitos tipos de vulnerabilidade no que tange o estudo de perigos naturais, embora os três tipos mais importantes sejam: individual, social e biofísico. A vulnerabilidade individual, segundo estes dois autores, diz respeito à susceptibilidade de uma pessoa ou uma estrutura sofrer um dano potencial. As características de uma estrutura (tipo de material, projeto) ou de uma pessoa (idade, condição de saúde, fumante, estilo de vida, alimentação) são levadas em conta para determinar a vulnerabilidade individual. Em uma escala mais geral tem-se a vulnerabilidade social. Esta se baseia nas características demográficas de grupos sociais, as quais os fazem mais ou menos vulneráveis. Para se determinar esta vulnerabilidade, utilizam-se características socioeconômicas como idade, renda, gênero, educação, naturalidade (imigrantes) dos grupos sociais. A vulnerabilidade biofísica pode ser considerada sinônimo de exposição física, ou seja, o quanto um local ou área é susceptível à ocorrência de um perigo natural. Aysan (1993) elenca 8 tipos de vulnerabilidade:

- Econômica/material: falta de acesso a recursos;
- Social: desigualdade nos padrões sociais;
- Ecológica: falta de acesso à informação e conhecimento;
- Motivacional: falta de ação/consciência pública;
- Política: falta de políticas públicas e falta de acesso aos representantes públicos;
- Cultural: determinadas crenças e culturas;

- Física: fraquezas dos indivíduos e das construções.

De acordo com o *National Research Council* (2006), há dois principais tipos de vulnerabilidade: física e social. A física representa as ameaças às estruturas físicas e infra-estruturais, ao meio ambiente e aos prejuízos na economia. A social representa as ameaças ao bem-estar/normalidade da população, como mortes, feridos, necessidade de atendimento médico e os impactos no funcionamento e na normalidade do sistema social devido à ocorrência de um desastre.

Alcantara-Ayala (2002) comenta que há, de fato, inúmeros tipos de vulnerabilidade, mas que quase todos os tipos podem ser incluídos em quatro principais grupos: social, econômico, político e cultural.

2.3.1 Vulnerabilidade Social

Cannon *et al.* (2003) propõem que a vulnerabilidade social é uma configuração complexa de características que incluem bem

estar pessoal, meios de subsistência, resistência a eventos adversos, auto-proteção e redes políticas, sociais e institucionais. Este nível de bem-estar de indivíduos, comunidades e da sociedade, inclui aspectos relacionados ao grau de instrução, escolaridade, segurança e políticas públicas, respeito aos direitos humanos, igualdade social, entre outros (ISDR, 2004).

Conforme Hill e Cutter (2001), a vulnerabilidade social descreve as características demográficas de diferentes grupos sociais que os fazem mais ou menos susceptíveis aos impactos negativos de um evento extremo. Para estes autores a vulnerabilidade social sugere que as pessoas criam a sua própria vulnerabilidade, através de suas ações e decisões.

Cutter *et al.* (2003) argumentam que a vulnerabilidade a perigos naturais pode ser estudada a partir de dois princípios: a) identificando as condições que fazem pessoas ou locais vulneráveis a perigos naturais; b)

Tabela 2: Definições de vulnerabilidade sugerida por diferentes autores

Autor	Definição
Timmerman (1981)	Vulnerabilidade é o grau em que o sistema age adversamente em virtude da ocorrência de um evento perigoso.
Dow (1992)	São as diferentes capacidades de grupos e indivíduos para lidar com perigos naturais, com base em suas posições dentro da sociedade e no espaço.
Alexander (1993)	Vulnerabilidade humana são os custos e benefícios de habitar áreas de risco a um desastre natural.
Cutter (1993)	Probabilidade de um grupo ou um indivíduo de estar exposto a um efeito adverso provocado por um perigo natural.
Warmington (1995)	Uma condição que, adversamente, afeta a habilidade das pessoas de se preparar para enfrentar ou responder a um perigo.
Lewis (1999)	É o produto de um conjunto de condições prevalecentes no qual os desastres podem ocorrer.
Comfort <i>et al.</i> (1999)	São as circunstâncias que colocam as pessoas em risco enquanto reduzem sua capacidade de resposta ou negam-lhe a proteção disponível.
Sarewitz e Pielke 2000	Refere-se à susceptibilidade de mudança de um sistema perante a ocorrência de um evento extremo
UNDP (2004)	Uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam a probabilidade e escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo.
NOAA (2009)	O nível de exposição da vida, propriedade, e recursos ao impacto de um perigo natural.

assumindo que a vulnerabilidade é uma condição social. Neste sentido, nota-se que não haveria vulnerabilidade sem sociedade. Ou seja, as características que fazem uma sociedade, localidade ou mesmo uma única residência mais ou menos vulneráveis são reflexos de decisões e/ou condições sociais. Por exemplo, analisar o PIB de um país e compará-lo com outros países para classificá-lo como mais ou menos vulnerável faz parte do escopo da vulnerabilidade econômica. Por outro lado, o baixo ou alto PIB de um país é reflexo das condições e processos sociais

A mesma questão pode ser levantada para a vulnerabilidade física. Por exemplo, Kelman (2002) analisou a vulnerabilidade física às inundações em residências inglesas, determinando para isso qual o impacto das características físicas das inundações (como velocidade e altura) na estruturas das residências. Contudo, as características de uma residência que afazem mais ou menos vulnerável são reflexos de fatores sociais. O poder aquisitivo e o nível de instrução de uma família determinarão os padrões e qualidade de sua residência e, conseqüentemente, a sua vulnerabilidade. Assim, características sociais são propagadas para os demais tipos de vulnerabilidade. Dessa maneira, a vulnerabilidade determinada de social não difere conceitualmente da geral e pode, em muitos aspectos, ser vista como sinônimo.

Determinando a vulnerabilidade através de características sociais estar-se-á, ao mesmo tempo, inferindo de maneira indireta as demais vulnerabilidades. Além disso, fatores como renda e instrução também são utilizados como indicadores da vulnerabilidade social, ou seja, ela não trata apenas de fatores demográficos.

2.3.2 Indicadores de Vulnerabilidade

Segundo Pine (2008), um indicador reflete quantitativamente um fenômeno e pode ser utilizado para entender a capacidade de uma determinada comunidade de absorver, enfrentar ou recuperar-se de um desastre. O estudo da variação dos indicadores ao longo do tempo auxilia a entender como as ações e

decisões da comunidade modificam a condição de vulnerabilidade, pois se pode observar se a vulnerabilidade está aumentando, declinando ou permanecendo estática. Este autor cita como bons indicadores de vulnerabilidade social a porcentagem de jovens e idosos, pessoas com rendimento baixo, minorias étnicas, turistas, sem tetos, pessoas recém chegadas, entre outros, e argumenta que nenhum conjunto de indicadores consegue ser totalmente inclusivo.

Birkmann (2006) e Dwyer *et al.* (2004) sugerem alguns critérios para a utilização de um indicador de vulnerabilidade, tais como: mensurabilidade, relevância, ser entendível, fácil interpretação, caráter analítico e estatístico, disponibilidade de dados, comparabilidade, validade/precisão, capacidade de ser reproduzida em outras pesquisas, estar de acordo com a problemática da pesquisa e simplicidade.

Conforme Schmidt-Thomé e Jarva (2004), ainda não existe consenso entre os pesquisadores sobre quais variáveis que devem ser utilizadas para mensurar a vulnerabilidade social, sendo comumente utilizado o status socioeconômico, idade, raça e gênero. Na pesquisa realizada por estes autores foram utilizadas as seguintes variáveis:

- Densidade populacional;
- PIB per capita;
- Razão de dependência (população jovem e idosa, que provavelmente precisa de ajuda durante um evento extremo,);
- Educação.

Coppola (2007) considera os seguintes fatores na análise da vulnerabilidade: religião, raça, gênero, saúde, taxa de analfabetismo, políticas públicas, direitos humanos, desigualdades sociais, cultura, tradição, entre outros. ISDR (2004), com base em Dwyer *et al.* (2004), cita como exemplo os seguintes indicadores para determinar a vulnerabilidade: idade, renda, gênero, tipo de residência, tipo de casa, condição da residência (alugada, própria, cedida), seguro da casa, seguro saúde, portadores de necessidades especiais, domínio da língua pátria.

Cutter *et al.* (2000) utilizaram as

seguintes variáveis para mensurar a vulnerabilidade: a) população total; b) número total de casas; c) número de pessoas do sexo feminino; d) número de pessoas não-brancas; e) número de pessoas abaixo de 18 anos; f) número de pessoas acima dos 65 anos; g) valor médio da casa; h) número de *mobile-homes*. Estas variáveis, além de muitas outras, também foram consideradas nos estudos de Adger (1998), Clark *et al.* (1998), Cutter *et al.* (2003), Azar e Rain (2007), Simpson e Human (2008), para estimar a vulnerabilidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Rio Negrinho está localizado no planalto norte de Santa Catarina, entre as latitudes 26°12'29" e 26°42'14"S e longitudes 49°26'39" e 49°46'28" W (Figura 2). Possui uma área de 908 km², dos quais, 4,3% é considerado urbano e 95,7% rural. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio Negrinho possui atualmente 42.237 habitantes, o que demonstra um aumento de sua população em aproximadamente 65% desde 1991 (Figura 3). Segundo Schoeffel (2004), o município de Rio Negrinho tem índices percentuais de crescimento anual (média de 2,78% a.a) maior que a média de todos os municípios que compõem a Associação de Municípios do Nordeste de Santa Catarina – AMUNESC (2,29% a.a) e mais ainda se comparado ao índice do estado de Santa Catarina, que é, em valores médios, de 1,61% a.a. Atualmente, a densidade demográfica é de 46,5 hab/km².

Quando analisadas as áreas urbana e rural separadamente, nota-se que há uma maior concentração populacional na área urbana, onde a densidade demográfica sobe para 812 hab/km².

Assim, a área urbana do município possui alta densidade demográfica, quando comparada com o município inteiro. Com base nos dados coletados pelo IBGE no censo de 2000, 85 % da população de Rio Negrinho reside na área urbana. Por esta razão, o presente trabalho enfoca a área urbana do

município.

Qualquer impacto causado pela ocorrência de um desastre na área urbana certamente causará um grande impacto em todo o município, pois é na área urbana que se encontram estações de tratamento de água, serviços básicos, bancos, a administração municipal, entre outros.

3.1.1 Inundações em Rio Negrinho

As inundações em Rio Negrinho são eventos recorrentes desde o início do século passado. Nos anos de 1911 e 1913, há registros de inundações que atingiram o município de Rio Negrinho. No mês de janeiro de 1926, o rio subiu novamente, destruindo uma ponte, inundando ruas e casas de comércio, assim como nos anos de 1937 e 1946. Entre 1946 e 1983 ocorreram inundações ordinárias, que não trouxeram prejuízos significativos a população. Em julho de 1983 ocorreu a maior inundação registrada até aquele momento, que foi associada ao El Niño e atingiu inúmeros municípios em Santa Catarina, assim como as inundações de agosto 1984, que ocorreram também em Rio Negrinho. Em maio de 1992, outra inundação, considerada a mais severa, trouxe muitos danos e prejuízos ao município. Em julho de 1995, janeiro de 1997 e 1998, ocorreram novamente inundações ordinárias, embora não tenham ocorridos maiores prejuízos para a sociedade (SCHOEFFEL, 2004).

3.2 Análise da Vulnerabilidade

Como já demonstrado, o conceito de vulnerabilidade e os fatores que a compõem ainda não são precisos. Contudo, estimar a vulnerabilidade é imprescindível para que se possa realizar a análise e mapeamento de risco. Assim, utilizaram-se indicadores para mensurar a vulnerabilidade, com base nas características socioeconômicas coletadas durante o Censo de 2000 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE utiliza como unidade de análise o setor censitário, que é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis

em campo, com dimensão adequada à operação de pesquisas. A área urbana do município de Rio Negrinho foi dividida em 35 setores (Figura 4), os quais englobam um ou mais bairros.

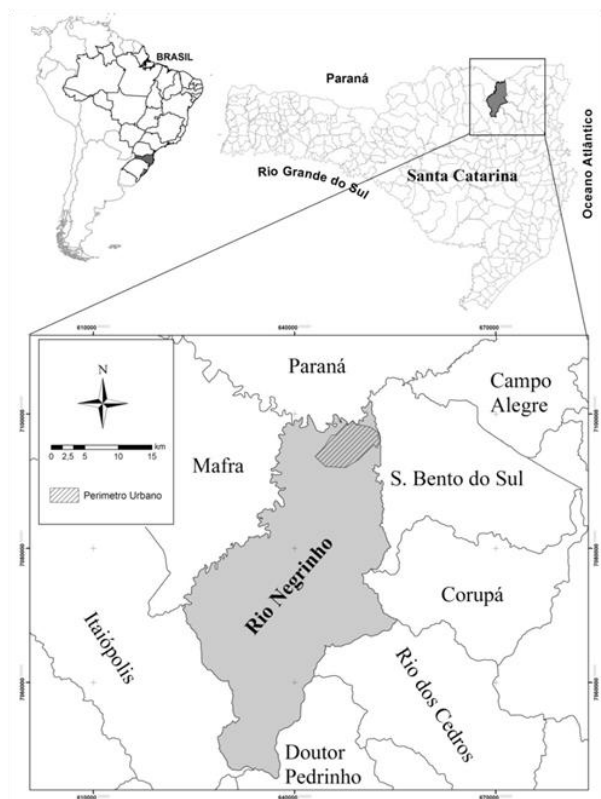


Figura 2: Localização de Rio Negrinho - SC



Figura 3: Crescimento populacional de Rio Negrinho entre 1991 e 2009.

O IBGE considera como área urbana as delimitações propostas pelo plano diretor e pelo código de postura do município. Assim, a área urbana do município e a do IBGE devem ser coincidentes. Em virtude dos dados tabulados e disponibilizados pelo IBGE estarem agrupados por setor, utilizaram-se os setores censitários para análise do município.

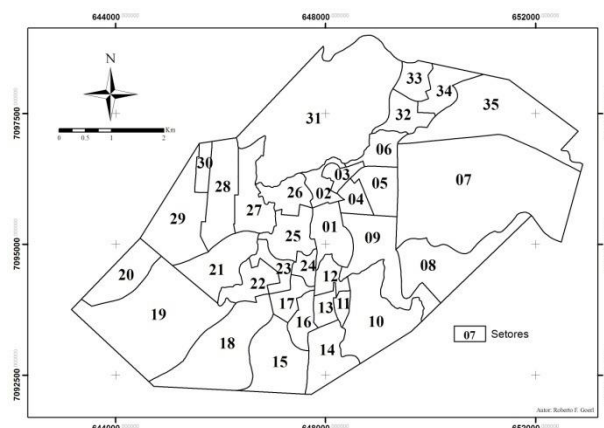


Figura 4: Setores censitários de Rio Negrinho.

Em 2007 foi realizada pelo IBGE a contagem da população nos municípios brasileiros com até 170 mil habitantes, incluindo, logo, Rio Negrinho. Apesar destes dados serem mais atualizados do que os de 2000, os mesmos apresentam apenas o número de moradores nos setores censitários.

Para estimar a vulnerabilidade, outras variáveis foram utilizadas, como sociais (educação, renda) e econômicas. Assim, apesar de estarem relativamente desatualizados, os dados de 2000 são mais completos e representativos.

Foram selecionadas 8 variáveis coletadas no censo para construir um índice de vulnerabilidade, as quais foram agrupadas em 6 variáveis (Tabela 3).

O IBGE utiliza-se de uma data de referência para determinar a quantidade de moradores que residiam no domicílio/setor, que foi dia 1º de agosto de 2000. Além disso, observam-se alguns critérios para a coleta de dados:

- **Pessoa alfabetizada:** pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhece. Aquela que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu e a que apenas assina o próprio nome é considerada analfabeta.
- **Pessoa responsável:** homem ou a mulher responsável pelo domicílio particular permanente ou que assim é considerado(a) pelos demais moradores.
- **Rendimento:** a soma do rendimento nominal mensal de trabalho com o proveniente de outras fontes.

No quesito dependência adotou-se como limite 12 e 65 anos. 12 anos porque o Estatuto da Criança e do Adolescente considera as pessoas abaixo dessa idade como crianças, sendo totalmente dependentes, perante a lei e sociedade, de seus pais ou responsáveis. Considerou-se 65 anos porque, segundo a Organização Mundial de Saúde, a partir dessa idade as pessoas são consideradas idosas.

Com base nestas 6 variáveis construiu-se o Índice de Vulnerabilidade (IV):

$$IV = \frac{Dd + Nm + Mm + TxD + E + R}{IDHM} \quad (3)$$

onde *Dd* é a densidade demográfica, *Nm* é o número de moradores no setor, *Mm* é média de moradores por residência, *TxD* é a taxa de dependência (idosos e jovens), *E* é a educação (analfabetos acima de 12 anos), *R* é a renda (responsável sem rendimento ou com até 1 salário mínimo) e *IDHM* é o Índice de Desenvolvimento Humano do Município.

O *IDHM* é obtido pela média aritmética de três sub-índices, referentes às dimensões Longevidade (IDH- Longevidade), Educação (IDH-Educação) e Renda (IDH-Renda). Ressalta-se que *IDHM* é um valor único para todo o município.

Assume-se neste presente trabalho, com base nos conceitos expostos, que a vulnerabilidade é inversamente proporcional a capacidade de suporte/resposta ou de preparo

do município. O *IDHM* de Rio Negrinho foi utilizado como indicador desta capacidade. O *IDHM* é estimado pela ONU através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, e é dividido em três classes: de 0 a 0,499 (baixo desenvolvimento), 0,5 a 0,799 (médio desenvolvimento) e 0,8 a 1 (alto desenvolvimento). Rio Negrinho possui o *IDHM* 0,789, demonstrando que apesar de possuir médio desenvolvimento, está mais próximo do alto do que do baixo desenvolvimento.

A escolha do *IDHM* de Rio Negrinho como capacidade de suporte/resposta para todos os setores deu-se pelos seguintes fatores. Quando ocorre um desastre, apesar dele possuir limites espaciais e temporais, toda a normalidade do município é afetada. Aulas podem ser suspensas, estradas fechadas, falta de água, luz, etc. Assim, a primeira resposta ao desastre baseia-se na capacidade do município, que no presente trabalho traduziu-se no *IDH-M*.

Para uniformizar as unidades, todas as variáveis foram escalonadas de 0 a 1, sendo 0 o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo.

Após escalonado, o Índice de Vulnerabilidade foi agrupado em quatro classes, baixa, média, alta e muito alta, definidas pelo desvio quartílico, que, segundo Ramos e Sanchez (2000), divide a

Tabela 3: Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	Número de moradores no setor
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica
% da população acima de 65 anos	Soma da porcentagem da população acima de 65 e abaixo de 12 anos
% da população abaixo de 12 anos	
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	% de pessoas analfabetas acima de 12 anos
% de Responsáveis sem rendimento	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 Salário Mínimo
% de responsável com rendimento até 1 Salário Mínimo	

série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, cada um compreendendo 25% do total de valores. Desta forma, o fatiamento é definido quantitativamente, excluindo a subjetividade no processo de definição do limiar de corte. Esta etapa de escalonamento e classificação pelo desvio quartílico foi baseada em Marcelino *et al.* (2006).

$$V_{\text{escalonado}} = \frac{V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}}{V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}}} \quad (4)$$

3 Delimitação das áreas inundáveis

O Plano Diretor de Rio Negrinho determina como áreas inundáveis as terras situadas abaixo da cota de 792 m (SECRETARIA MUNICIPAL DO PLANEJAMENTO, 2006; SCHOEFFEL, 2009, comunicação pessoal). Esta cota foi estabelecida com base em dois grandes eventos, os de 1983 e 1992.

Em virtude desses eventos, a linha férrea foi deslocada para acima dessa cota, constituindo-se em uma referência para a população local como sendo terras “totalmente” seguras. Com base nisso, traçou-se um polígono que abrangeu esta área dentro dos limites da área urbana, estabelecendo a área urbana considerada como inundada (Figura 5).

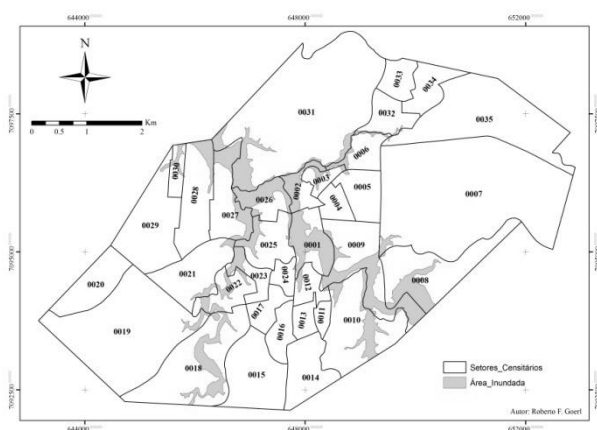


Figura 5: Delimitação da área inundável segundo o plano diretor.

Com base nas áreas inundáveis de cada setor determinou-se o Perigo Estimado (*PE*):

$$PE = \frac{AI}{AT} \quad (5)$$

Onde *AI* é a área do setor inundada e *AT* é a área total do setor.

3.4 Análise do Risco

Conforme já exposto, risco é uma função da vulnerabilidade e do perigo. A vulnerabilidade foi determinada para cada setor censitário através do Índice de Vulnerabilidade. O perigo foi determinado a partir do Perigo Estimado. A partir da relação entres estes dois parâmetros obteve-se o Índice de Risco (*IR*) para cada setor censitário, ou seja:

$$IR = IV \cdot PE \quad (6)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Vulnerabilidade

Foram compiladas 6 variáveis com base nos dados do censo para construir o índice de vulnerabilidade. Escolheram-se essas variáveis por serem representativas das três esferas principais que compõem a vulnerabilidade: demografia, educação e economia.

A Figura 6 apresenta a distribuição espacial dos parâmetros de vulnerabilidade. Nota-se na Figura 6a que não há uma tendência na distribuição da população total dos setores, apesar de alguns setores centrais apresentarem a menor população, associada a setores com predomínio de comércio ou bairros mais tradicionais (antigos). Por outro lado, estes setores centrais apresentam a maior densidade populacional (Figura 6b). Em relação à média de moradores por residência (Figura 6c), notam-se dois grupos de setores principais, os centrais e os periféricos, principalmente na porção Norte, Noroeste. O primeiro com uma baixa média de moradores e o segundo com alta média.

De maneira geral, esta mesma espacialização entre setores centrais e

periféricos é observada na População Dependente (Figura 6d) e na Taxa de Analfabetismo (Figura 6e), onde os setores periféricos apresentam valores mais elevados.

Por último, vê-se uma relação direta entre alguns setores em relação à Taxa de Analfabetos e a População com Baixa Renda (Figura 6f). Assim, apesar de haver certa heterogeneidade da distribuição espacial dos parâmetros quando analisados individualmente, observa-se algumas correlações espaciais entre certas variáveis, tais como renda e escolaridade; população dependente e média de moradores por residência.

Com base no IV, foi elaborado o mapa de vulnerabilidade de Rio Negrinho (Figura 7). Os setores que apresentaram vulnerabilidade muito alta foram: 0030, 0020, 0011, 0004, 0033 e 0031. Já os setores centrais foram os que apresentaram a menor vulnerabilidade, como os setores 0001, 0015, 0009 e 0035.

Através deste mapeamento, podem-se

identificar setores prioritários para a implementação de políticas públicas e ações de educação ambiental, o que demonstra a importância desse tipo de análise. Assim, o mapeamento da vulnerabilidade torna-se essencial para o gerenciamento de desastres, pois é através dele que se podem identificar áreas que potencialmente serão mais prejudicadas.

Além disso, esta ferramenta indica áreas que necessitam de mais investimentos do poder público, não apenas relacionados a desastres, mas também relacionadas à qualidade de vida. A vulnerabilidade aqui dimensionada envolveu parâmetros como educação e renda, que são indicadores de desenvolvimento social.

Salienta-se que estas análises de vulnerabilidade devem ser tomadas apenas em âmbito municipal, ou seja, em escala local. Para efeitos comparativos, deve-se aplicar o mesmo índice de vulnerabilidade nos demais

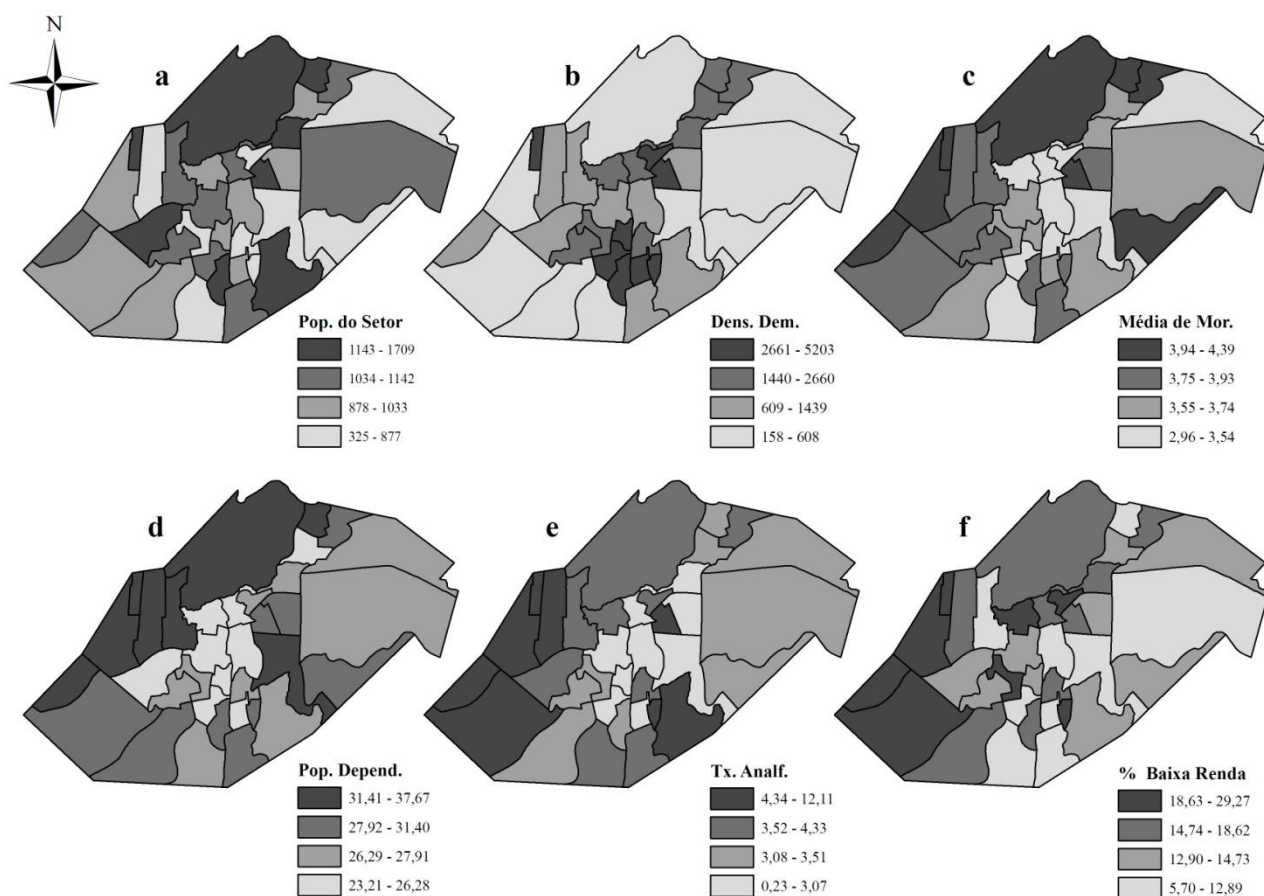


Figura 6: Parâmetros do Índice de Vulnerabilidade: a) População total do setor, b) Densidade demográfica, c) Média de moradores por residência, d) População dependente, e) Taxa de analfabetismo, f) % da população com baixa renda.

municípios catarinenses, ou até mesmo nos brasileiros, para determinar o maior ou menor grau de vulnerabilidade e, assim, compará-los aos setores ou municípios dentro da mesma escala.

Dessa maneira, apesar de um setor ser classificado como muito alto no presente trabalho, em uma análise regional o mesmo poderia ser classificado como baixo ou médio. Demonstra-se, assim, que uma lacuna no estudo e gerenciamento de riscos ainda precisa ser preenchida, especialmente no Brasil.

4.2 Perigo Estimado (PE)

O Plano Diretor de Rio Negrinho determina que as terras situadas abaixo da cota 792 m são consideradas como sendo áreas de inundação. Com base nisso, a partir do levantamento planialtimétrico realizado pela AGRITEC S.A., delimitou-se o polígono da área inundada. Determinou-se a área inundada de cada setor (Tabela 4), sua proporção em relação à área total e por sua vez, o *PE*.

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial do *PE* segundo os setores censitários.

Nota-se que os setores centrais são os que apresentam maior *PE*, áreas estas que se desenvolveram às margens do rio Negrinho. Nota-se também que há setores que estão quase que totalmente acima desta cota. O *PE* pode ser útil no gerenciamento de áreas inundáveis, pois desconsidera áreas de baixo perigo.

4.3 Risco

Risco é uma função do Perigo e da Vulnerabilidade. Comparando o risco, a vulnerabilidade e o perigo de cada setor censitário e analisando as suas correlações, fica clara a influência que o Perigo teve na construção do Risco. Na Figura 9 observa-se uma forte correlação ($R^2 = 0.72$) entre Risco e Perigo. Já entre Risco e Vulnerabilidade (Figura 10) e Vulnerabilidade e Perigo (Figura 11) as correlações são fracas. Assim, o que mais influenciou no Risco foi o Perigo. Já entre Risco e Vulnerabilidade (Figura 10) e Vulnerabilidade e Perigo (Figura 11) as correlações são fracas.

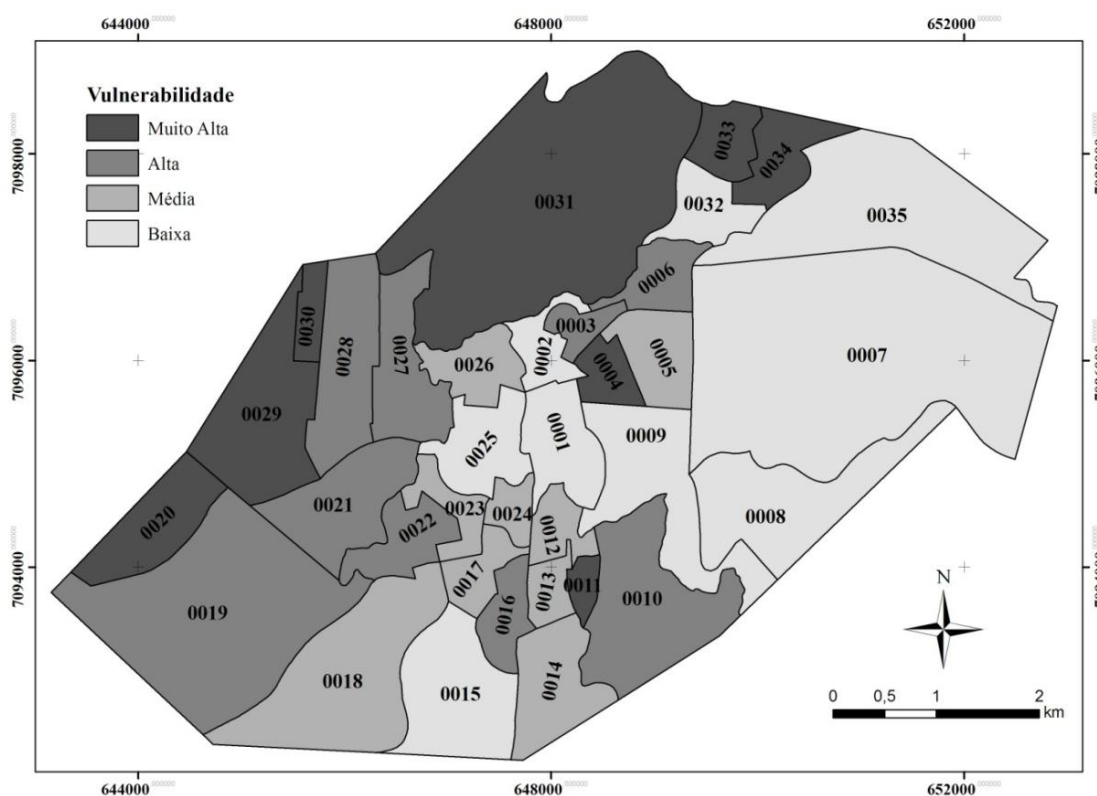


Figura 7: Distribuição espacial da vulnerabilidade na área urbana de Rio Negrinho.

Assim, o que mais influenciou no Risco foi o Perigo. Isto demonstra que, nas inundações, as características físicas da bacia têm um papel mais importante na construção do Risco do que as condições socioeconômicas (Vulnerabilidade). Assim, um setor ou qualquer outra unidade de análise pode possuir alta vulnerabilidade, mas caso possua um baixo grau de perigo o risco será baixo.

Ressalta-se que o Risco foi construído sem levar em conta as características hidrológicas das inundações. Usou-se uma cota máxima para determinar a área inundada, superestimando o risco. A utilização do risco a partir desta premissa restringe algumas áreas que poderiam ser de baixo ou médio risco, mas que proporcionaria uma prevenção mais efetiva, pois abrange mais setores como áreas de risco.

Por fim, elaborou-se um mapa de risco da área urbana de Rio Negrinho (Figura 12). Em primeiro lugar, vê-se que os setores centrais foram os que apresentaram maior risco, mesmo possuindo uma vulnerabilidade baixa e média. Isto porque na função aqui adotada, tanto a vulnerabilidade como o perigo

tiveram o mesmo peso. Dessa maneira, setores que possuem alto grau de vulnerabilidade, embora não possuam alto perigo, foram classificados como de baixo risco. O contrário também ocorreu, pois setores que possuem baixa vulnerabilidade e alto perigo foram classificados como alto ou médio risco.

Tabela 4: Área inundada para cada setor

Setor	Área Inundada (km²)	Setor	Área Inundada (km²)
01	0,49	19	0,05
02	0,20	20	0,00
03	0,05	21	0,07
04	0,00	22	0,15
05	0,01	23	0,10
06	0,07	24	0,00
07	0,05	25	0,14
08	0,33	26	0,31
09	0,58	27	0,31
10	0,38	28	0,13
11	0,00	29	0,01
12	0,03	30	0,05
13	0,00	31	0,44
14	0,00	32	0,02
15	0,00	33	0,00
16	0,00	34	0,00
17	0,00	35	0,00
18	0,35	Total	4,23

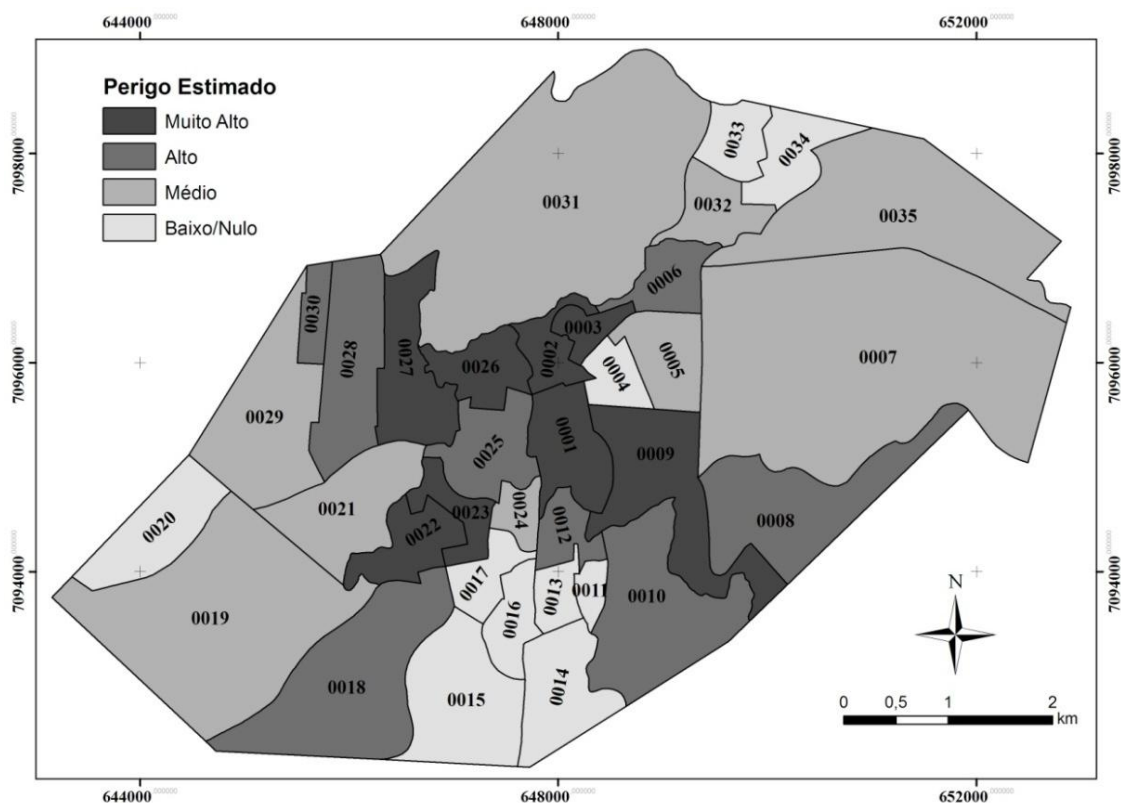


Figura 8: Distribuição espacial do perigo estimado na área urbana de Rio Negrinho.

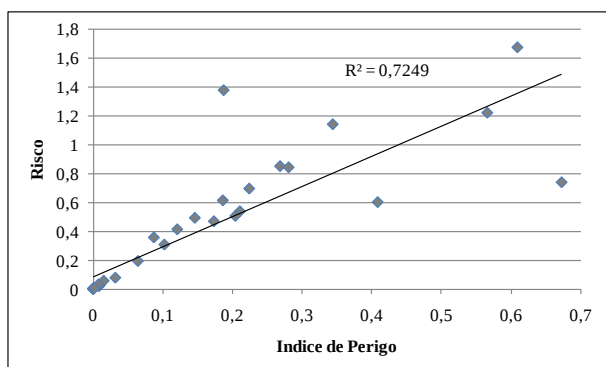


Figura 9: Correlação entre Risco e Perigo

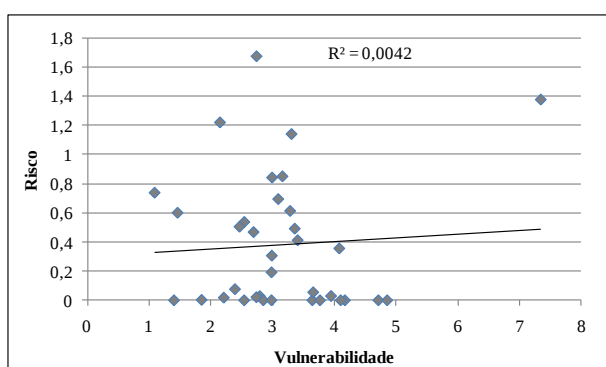


Figura 10: Correlação entre Risco e Vulnerabilidade

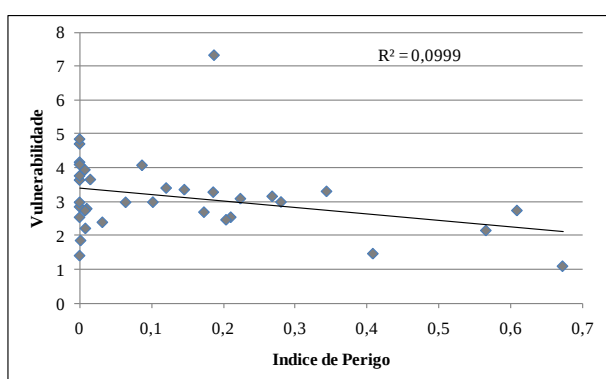


Figura 11: Correlação entre Vulnerabilidade e Perigo

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs uma metodologia para mapeamento de risco relacionado a inundações no município de Rio Negrinho, SC. O risco é definido como uma função do perigo e da vulnerabilidade. Assim, estes dois fatores foram estimados para a sua análise. A vulnerabilidade foi determinada através do Índice de Vulnerabilidade, que engloba principalmente parâmetros socioeconômicos.

O perigo foi determinado com base na

legislação de Rio Negrinho, que determina uma cota máxima como área de inundação. Como unidade de análise utilizou-se o setor censitário, que, segundo o IBGE, é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo.

Foi observado que setores que apresentaram alto risco não necessariamente apresentaram altos valores de perigo e vulnerabilidade. Uma análise de correlação demonstrou que o risco apresentou maior correlação com o perigo do que com a vulnerabilidade. Isto porque a área de inundação não abrange todos os setores. Assim, setores com alta vulnerabilidade podem apresentar baixo risco, pois não estão susceptíveis a ocorrência de um perigo (inundação). Por outro lado, como a vulnerabilidade é analisada a partir de parâmetros socioeconômicos, a mesma pode ser tomada como base para implementação de políticas públicas.

Na análise de perigo não foram observados parâmetros hidrológicos, pois em Rio Negrinho não há dados hidrológicos consistentes ou séries longas que permitam um estudo hidrológico aprofundado. Dessa maneira, o perigo, como aqui foi estimado, enquadra-se na realidade brasileira, onde apenas grandes bacias são contempladas com estações hidrológicas.

Os desastres naturais aumentaram em intensidade e frequência em todo mundo. Metodologias de baixo custo e fácil implementação, como o mapeamento de risco, destacam-se entre as medidas mitigadoras. Assim, observa-se que o presente método pode ser aplicado nas mais diversas localidades, pois o censo é realizado em todo o território brasileiro e a falta de dados hidrológicos não é um impedimento, contribuindo dessa maneira para a prevenção de inundações e a mitigação de seus danos.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Programa REUNI pela concessão da bolsa de Doutorado.

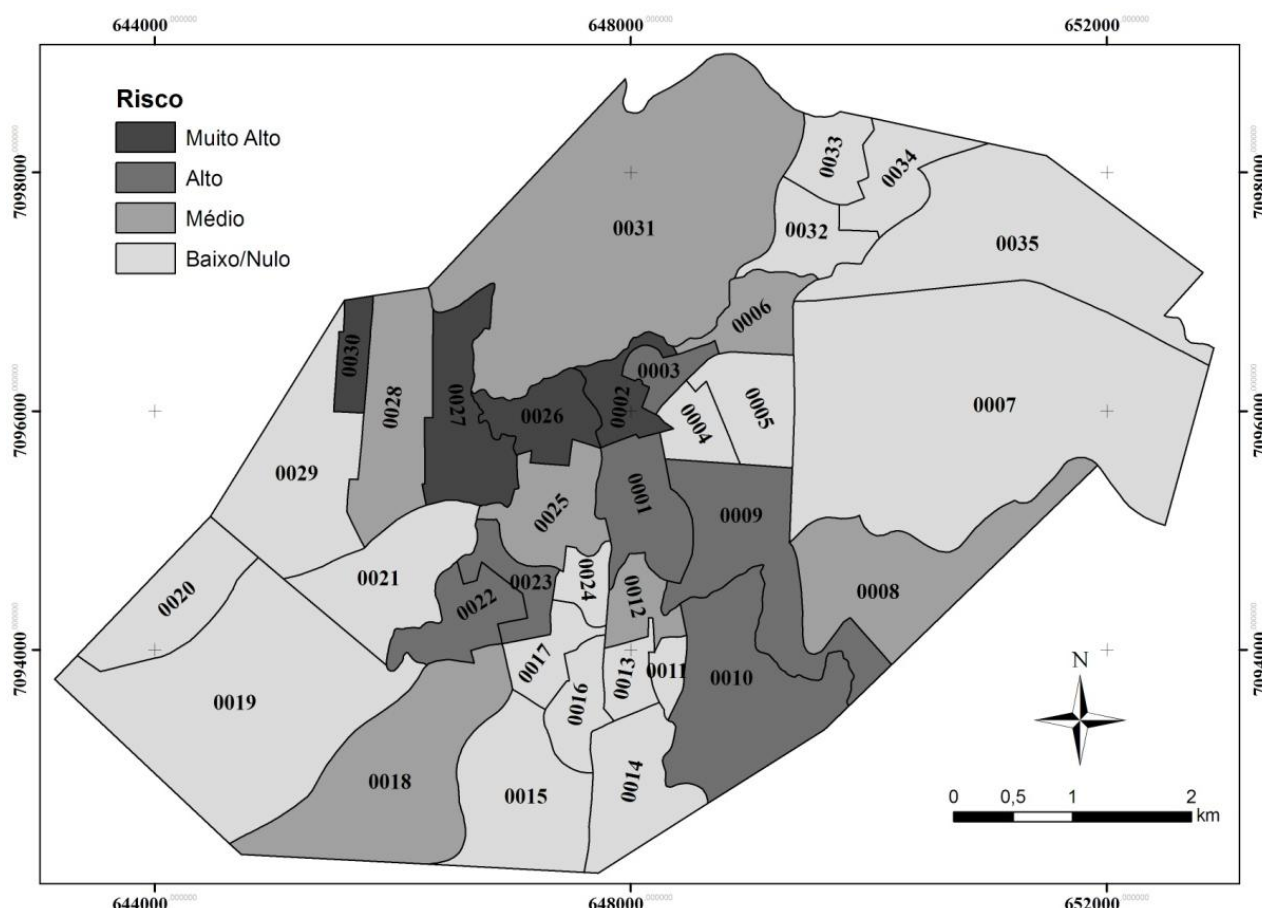


Figura 12: Distribuição espacial do risco na área urbana de Rio Negrinho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADGER, W. N. **Indicators of social and economic vulnerability to climate change in Vietnam.** Centre for Social and Economic Research on the Global Environment - CSERGE Working Paper GEC 98-02, 1998.42p.

ALCANTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries. **Geomorphology**, v.47, p.107-124, 2002.

ALEXANDER, D. The study of natural disasters, 1977-1997: some reflections on a changing filed of knowledge. **Disaster**, v. 21, n. 4, 1997. p. 284-304.

ANDJELKOVIC, I. **Guidelines on non-structural measures in urban flood management.** IHP, Technical Documents in Hydrology n. 50, UNESCO, Paris. 2001. 87p.

AYSAN, Y. Keynote paper: Vulnerability assessment In: MERRIMAN, P. A.; BROWITT, C. W. A. (ed.) **Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities.** London: Telford, 1993. p.1-14.

AZAR, D.; RAIN, D. Identifying population vulnerable to hydrological hazards in San Juan, Puerto Rico. **GeoJournal**, v.69, n.1, p.23-43, 2007.

BARROCA, B.; BERNARDARA, P.; MOUCHEL, J. M.; HUBERT, G. Indicators for identification of urban flooding vulnerability. **Natural Hazards and Earth System Science**.v.6, p.553-561, 2006.

BENSON, C.; CLAY E. J. Disasters, Vulnerability and the Global Economy. In: KREIMER, A.; ARNOLD, M. (ed.) **The Future Disaster Risk: Building Safer Cities.** Disaster Risk Management Series n. 3, Washington, D.C. 2003. p. 3-32.

BIRKMANN, J. Indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and

requirements. In: BIRKMANN, J. (ed.) **Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies.** New York: United Nations University, 2006. p.55-77

CANNON, T.; TWIGG, J.; ROWELL, J. **Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters.** Department for International Development, 2003. 63p.

CHEN, K.; MCANENEY, J.; BLONG, R.; LEIGH R.; HUNTER, L.; MAGILL, C. Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a dasymetric mapping approach. **Applied Geography**, v. 24, 2004. p. 97-117.

CLARK, G. E.; MOSER, S. C.; RATICK, S. J.; DOW, K.; MEYER, W. B.; EMANI, S.; JIN, W.; KASPERSON, J. X.; KASPERSON, R. E.; SCHWARZ, H. E. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of revere, MA., USA. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n.3, p.59-82, 1998.

COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management.** Oxford: Elsevier, 2007. 573p.

CRID - REGIONAL DISASTER INFORMATION CENTER LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. **Disaster Controlled Vocabulary.** San José: CRID, 2001. 223p.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L.; Social vulnerability to environment hazards. **Social Science Quarterly**, v.84, n.2, p.242-261, 2003.

CUTTER, S. L.; MITCHELL, J. T.; SCOTT, M. S. Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 90, v. 4, p.713-737, 2000.

DWYER, A.; ZOPPOU, C.; NIELSEN, O.; DAY, S.; ROBERTS, S. Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. **Geoscience Australia Record 2004/14**, 2004.101 p.

ECLAC - ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. **Handbook for Estimating the Socio-economic and Environmental Effects of Disasters.** World Bank: Washington D.C. 2003. 357p.

EM-DAT – Emergency Disaster Data Base. Disponível em <http://www.emdat.be/>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2006.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná.** Curitiba. 122 f. Dissertação (Mestrado em Eng de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Paraná. 2004

FRIESECKE, F. Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning. Proceedings of 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, 2004. **Proceedings...** Jakarta: 2004

HERRMANN, M. L. P.; KOBIYAMA, M.; MARCELINO, E. V. Inundação gradual. In: HERRMANN, M. L. P. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: IOESC, 2007. p.89-92.

HILL, A. A.; CUTTER, S. L. Methods for Determining Disaster Proneness. In: CUTTER, S. L. (ed). **American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters.** Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2001. p.13-36.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives.** Preliminary version. Geneva, Switzerland: UN/ISDR. 2002.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management.** London: Inter-Agency Task force on Disaster Reduction – Working Group 3, 2004. 73p.

KELMAN, I. **Physical Flood Vulnerability of Residential Properties in Coastal, Eastern England.** Cambridge. 311 f. PhD Dissertation. University of Cambridge. 2002

- 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: Organic Trading, 2006. 109p.
- KOHLER, A.; JÜLICH, S.; BLOEMERTZ, L. **Risk Analysis – a basis for disaster risk management**. GTZ: Eschborn, 2004. 76p.
- KRON, W. Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability. Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, 2002. **Proceedings...** Beijing: 2002. p. 82-97.
- MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; RUDDORF, F. M. Distribuição espaço-temporal de inundações bruscas em Santa Catarina (Período 1980-2003). **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS**, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 554-564. (CD-ROM).
- MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia (UFU)**, Uberlândia, v.7, n.17, p.72-84, 2006.
- MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A relação entre o natural e o social nas abordagens de hazards e de desastres. **Ambiente & Sociedade**, n.9, 2001. p. 93-114
- MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1991. 241p.
- MOORE, R. J.; BELL, V. A.; JONES, D. A. Forecasting for flood warning. **Comptes Rendus Geosciences**, v. 337, 2005. p. 203-217.
- MUSSER, L. **Vulnerability Bibliography**, Center for Science and Technology Policy Research, 2002. 10p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Facing Hazards and Disasters: Understanding Human Dimensions**. Committee on Disaster Research in the Social Sciences: Future Challenges and Opportunities, Washington, D. C.: The National Academies Press, 2006. 409 p.
- OLIVEIRA, E. L. A.; ROBAINA, L. E. S.; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. **In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 248-261. (CD-ROM)
- PELLING, M. **The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience**. London: Earthscan, 2003. 256 p.
- PINE, J. C. **Natural Hazard Analysis: Reducing the impact of disasters**. Florida: Taylor & Francis Group, 2008. 314p.
- PLATE, E. J. Flood risk and flood management. **Journal of Hydrology**, v.267, p.2-11, 2002.
- RAMOS, C. S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática. **Geografia**, v.5, n.2, p.23-52, 2000
- SCHMIDT-THOMÉ, P.; JARVA, J. **The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change**. ESPON, 3st Interim Report, 2004. 15 p.
- SCHOEFFEL, E. C. **Relação cidade e natureza na evolução urbana da cidade de Rio Negrinho/SC associada à ocupação de áreas de risco de enchentes**. Monografia, 76p. (Especialização em Cidade, Meio Ambiente e Políticas Públicas). Universidade Federal do Paraná, 2004.
- SCHUMM, S. A. Erroneous perceptions of fluvial hazards. **Geomorphology**, v.10, p.128-138, 1994.
- SECRETARIA MUNICIPAL DO PLANEJAMENTO. **Plano Diretor de Desenvolvimento Ambiental Urbano e Rural de Rio Negrinho**. Prefeitura Municipal

de Rio Negrinho: Secretaria Municipal Do Planejamento. 2006. 30p.

SHIDAWARA, M. Flood hazard map distribution. **Urban Water**, v.1, p.125-129, 1999.

SIMPSON, D. M.; HUMAN, R. J. Large-scale vulnerability assessments for natural hazards. **Natural Hazards**, v.47, n.2, 2008, p.143-155.

SMITH, K. **Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster**, 2ed. London: Routledge, 1996. 389 p.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v.4, p.425-430, 2002.

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

TUNG, Y. Keynote lecture: Risk-Based design of flood defense system. Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, 2002. **Proceedings...** Beijing: 2002. p. 71-81

TWING, J. **Disaster risk reduction: Mitigation and preparedness in development and emergency programming**. London: Humanitarian Practice Network. 2004. 337p. UN (United Nations). Guidelines for reducing flood losses. Geneva: UN. 2004. 83p.

UN (United Nations). **Guidelines for reducing flood losses**. Geneva: UN. 2004. 83p.

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004. 130p.

VENDRAME, I. F; LOPES, W. A. B. Análise do crescimento urbano e seus efeitos na mudança da dinâmica do escoamento superficial da bacia do Pararangaba. **In: XII SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia. Anais... Goiânia: 2005. v. 1. p. 2555-2562.

WEICHSELGARTNER, J. Disaster mitigation: the concept of vulnerability

revisited. **Disaster Prevention and Management**. v.10, n.2, p.85-94, 2001.

YALCIN, G.; AKYUREK, Z. Analysis Flood Vulnerable Areas with Multicriteria Evaluation. **In: Proceedings of XX International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress Istanbul**, 2004. Proceedings. Istanbul: 2004. p. 359-364.

Data de submissão: 25.04.2011

Data de aceite: 14.09.2011