

MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO – SC: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Roberto Fabris Goerl

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da
Universidade Federal do Paraná
roberto.fabris@gmail.com

Masato Kobiyama

Professor Associado III da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
kobiyama@ens.ufsc.br

Joel Robert Georges Marcel Pellerin

Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina
pellerin@cfh.ufsc.br

RESUMO

Para prevenir e mitigar os danos relacionados aos desastres naturais, duas medidas podem ser tomadas, as estruturais e as não-estruturais, sendo as últimas se destacam pelo baixo custo e fácil implementação. O mapeamento das áreas de risco é uma das medidas não-estruturais que vem sendo empregada com mais frequências em locais susceptíveis a ocorrência de desastres. O mapeamento de risco pode ser dividido em duas etapas, determinar as características do perigo e estimar a vulnerabilidade. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar os principais conceitos ligados à análise da vulnerabilidade e propor um índice (Índice de Vulnerabilidade - *IV*) para o mapeamento de vulnerabilidade social, aplicando-o no município de Rio Negrinho – SC. O *IV* foi composto por base oito variáveis socioeconômicas coletadas durante o censo de 2000, agrupadas em seis variáveis. A unidade de análise foram os setores censitários da área urbana de Rio Negrinho. Foi realizada uma análise de correlação e identificada a ausência de variáveis redundantes. Aplicando o *IV* pode-se determinar as áreas mais vulneráveis, gerando por último um mapa das mesmas. Através desse tipo de mapeamento, pode-se identificar áreas prioritárias para a implementação de políticas públicas e ações de educação ambiental. O presente trabalho apresentou assim uma metodologia de baixo custo e fácil implementação que pode ser aplicada em outros municípios brasileiros.

Palavras-chave: Desastres Naturais, Índice de Vulnerabilidade, Rio Negrinho

ABSTRACT

To reduce natural disaster damages, two kinds of measures can be adopted: the structural and non-structural ones. The latter is characterized with the low cost and easy implementation. The mapping of risk areas is one of the non-structural measures that have been frequently performed in susceptible areas to natural disasters. The risk mapping is divided into two stages: determination of the hazard characteristics and estimation of the vulnerability. The objective of the present work was, therefore, to analyze the main concepts on the vulnerability, to propose an index (Vulnerability Index - *VI*) for social vulnerability mapping, and to apply it to the Rio Negrinho city, Santa Catarina State. The *VI* was composed by six variables which were grouped with eight basic socioeconomic variables collected during the Brazilian census of 2000. The census block of the urban area of Rio Negrinho was considered the unit for the analysis. A correlation analysis was carried out and it was notified that there were not redundant variables. Applying the *VI*, the most vulnerable area was determined, and a vulnerability map was generated. This kind of mapping permits to identify the priority areas for implementation of public policies and environmental education. The present methodology with low cost and easy implementation can be applied to other Brazilian cities.

Keywords: Natural Disasters, Vulnerability Index, Rio Negrinho

Recebido em 02/12/2010

Aprovado para publicação em 20/06/2011

INTRODUÇÃO

Diversos autores têm demonstrado o aumento na frequência de desastres naturais no mundo (RODRIGUEZ *et al*, 2009; VOS *et al*, 2010) e também no Brasil (KOBİYAMA *et al.*, 2004, 2010). Esta tendência é observada também em Santa Catarina, (HERRMANN, 2007; GOERL *et al.*, 2009, KOBİYAMA *et al* 2010). Por outro lado, devido à falta do correto registro das ocorrências de desastres (GOERL, 2009), ainda não se pode afirmar com clareza se os eventos naturais severos aumentam em frequência e intensidade ou se os desastres naturais é que se tornam mais freqüentes.

O que se pode afirmar sobre os desastres naturais é que têm afetado negativamente mais pessoas. Eles mataram, segundo Twing (2004), uma média de 60.000 pessoas por ano, entre 1992 e 2001. Para o mesmo período, conforme o mesmo autor, os desastres afetaram diretamente 200 milhões de pessoas e causaram prejuízos em torno de US\$ 69 bilhões por ano. Rosenfeld (1994) comenta que os danos provocados por desastres naturais aumentaram cerca de três vezes desde a década de 1960, deixando mais de 3 milhões de mortos e 800 milhões de desabrigados. O Banco Mundial, entre os anos de 1980 e 2003, fez empréstimos emergenciais relacionados a desastres de aproximadamente US\$ 14,4 bilhões.

Deste montante, segundo Dilley *et al.* (2005), US\$ 12 bilhões foram destinados para apenas 20 países, que possuem cerca de metade de sua população em áreas de alto risco. Para MacDonald (2003), nas últimas décadas houve um aumento de cerca de dez vezes nos danos causados pelos desastres naturais em virtude dos seguintes fatores: a) aumento das pessoas que ocupam áreas susceptíveis a perigos naturais em virtude do crescimento populacional; b) as condições econômicas das pessoas que ocupam estas áreas susceptíveis, implicando em construções com alto grau de vulnerabilidade. Como o exemplo do item (a), Silveira *et al.* (2009) demonstraram que o aumento do número de registros de inundações em Joinville, desde 1981, está mais associado ao aumento populacional em áreas propensas a inundações do que ao aumento de eventos pluviométricos extremos.

Para mitigar e prevenir estes danos pode-se adotar, segundo Kobiyama *et al.* (2006), dois tipos de medidas básicas: as estruturais e as não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia, como as realizadas para a contenção de cheias, tais como: barragens, diques, alargamento de rios, reflorestamento, etc. Contudo, tais obras são complexas e caras. As medidas não-estruturais geralmente envolvem ações de planejamento e gerenciamento, como sistemas de alerta e zoneamento ambiental. Estas últimas se destacam pelo seu baixo custo, fácil implementação e melhor relação custo-benefício.

Dentre as medidas não estruturais destaca-se o mapeamento de áreas de risco. Friesecke (2004) afirma que estes mapas deveriam ser a base para todos os programas de redução de danos, pois os mesmos freqüentemente têm uma importância legal em termos de zoneamento. Complementam este pensamento Marcelino *et al.* (2006) comentam que um dos instrumentos de análise de risco mais eficientes 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. Para Kobiyama *et al.* (2006), os mapas de risco visam suprir umas 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.

Conforme Plate (2002), uma das etapas fundamentais para o gerenciamento de desastres é a análise do risco; que consiste em determinar as características do perigo, analisar as vulnerabilidades e por sua vez, determinar o risco. Nota-se assim que a avaliação e/ou mapeamento de risco passa por duas etapas - a análise do perigo (evento natural) e a análise da vulnerabilidade (fatores socioambientais).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar os principais conceitos ligados à análise da vulnerabilidade e propor um índice de vulnerabilidade, aplicando-o no município de Rio Negrinho – SC, onde ocorrem freqüentemente desastres naturais, especialmente inundações.

VULNERABILIDADE

Segundo Pelling (2003), a vulnerabilidade denota a exposição ao risco e à incapacidade de evitar ou absorver danos em potencial e é 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). Conforme CRID (2001), a vulnerabilidade pode ser definida 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”, chegando à conclusão que o significado desse termo ainda não é claro. Na Tabela 1 observam-se algumas definições propostas para o termo vulnerabilidade com base nos trabalhos de Weichselgartner (2001) e Musser (2002), onde nota-se que ainda não há consenso sobre o seu conceito. 21,72121,7

Para Koeler *et al.* (2004), a severidade de um evento 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.

Tabela 1 – 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 ao 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 prevaletentes 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
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.

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 como 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-estruturas, ao meio ambiente e os 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 ainda assim quase todos os tipos podem ser incluídos em quatro principais grupos: social, econômico, político e cultural.

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. Para ISDR (2004), a vulnerabilidade social está associada ao nível de bem-estar de indivíduos, comunidades e da sociedade, o que inclui aspectos relacionados ao grau de instrução, escolaridade, segurança e políticas públicas, respeito aos direitos humanos, igualdade social, entre outros. 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) 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-los 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 há fazem 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 sinônimos. 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 com indicadores da vulnerabilidade social, ou seja, ela não trata apenas de fatores demográficos.

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 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 deveriam 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, não conseguindo ajudar a si mesmo).
- Educação

Segundo Coppola (2007), os fatores considerados na análise da vulnerabilidade são: religião, raça, gênero, saúde, taxa de analfabetismo, políticas públicas, direitos humanos, desigualdades sociais, cultura, tradição, etc.

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.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município de Rio Negrinho (Figura 1) possui uma área de 908 km², da qual 4,3 % é considerada urbana e 95,7% rural. O município está localizado no planalto norte de Santa Catarina e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio Negrinho possuía 42.237 habitantes em 2007, demonstrando um crescimento aproximado de 65% desde 1991.

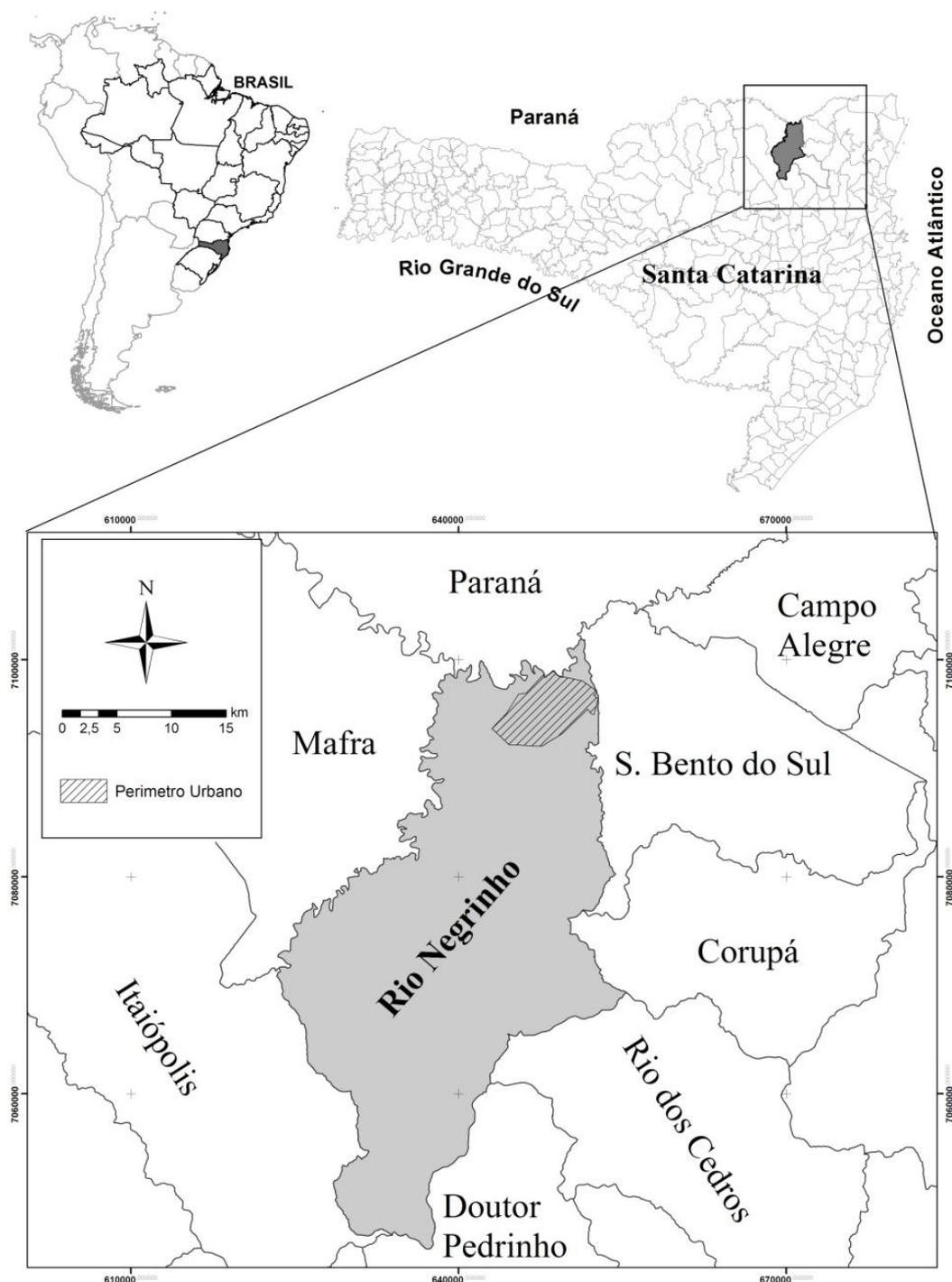


Figura 1 – Localização do município de Rio Negrinho – SC e da área urbana.

Conforme Schoeffel (2004), Rio Negrinho tem uma média de crescimento populacional anual de 2,78% a.a. Este índice é maior que a média de todos os municípios que compõem a Associação de Municípios do Nordeste de Santa Catarina – AMUNESC (2,29% a.a). Comparado ao índice do estado de Santa Catarina, que possui uma média de 1,61% ao ano, a média de crescimento de Rio Negrinho mostra-se ainda maior. A densidade demográfica do município é de 46,5 hab/km²; número que se eleva significativamente quando se analisa somente a área urbana, onde há uma maior concentração populacional e a densidade demográfica chega a 812 hab/km².

Quando ocorre um desastre natural, os impactos causados serão mais sentidos na área urbana deste município, pois é nela que se concentra a maior parte dos usuários dos serviços básicos, tais como estações de tratamento de água e esgoto, bancos, a administração municipal, entre outros. A área rural acaba conseqüentemente afetada, embora em menor quantidade, já que estes serviços estão situados na área urbana. Dessa maneira, enfocando a área urbana neste município tem-se uma maior representatividade ao se tratar da vulnerabilidade.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE

Como demonstrado anteriormente, o conceito de vulnerabilidade e os fatores que a compõem ainda não são precisos, embora ela se constitua um parâmetro imprescindível para estimar o risco. Assim, com base na definição utilizada por UNDP (2004), foram selecionados indicadores sociais coletados durante o censo de 2000 para realizar determinar a vulnerabilidade de Rio Negrinho.

O IBGE utiliza como unidade de análise o setor censitário, que é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo e com dimensão adequada à operação de pesquisas. A área urbana do município de Rio Negrinho foi dividida em 35 setores (Figura 2), os quais englobam um ou mais bairros (Tabela 1). Rio Negrinho, assim como muitos outros municípios brasileiros, não possui um banco de dados próprio das características socioeconômicas. Por esta razão, optou-se por utilizar os dados do censo.

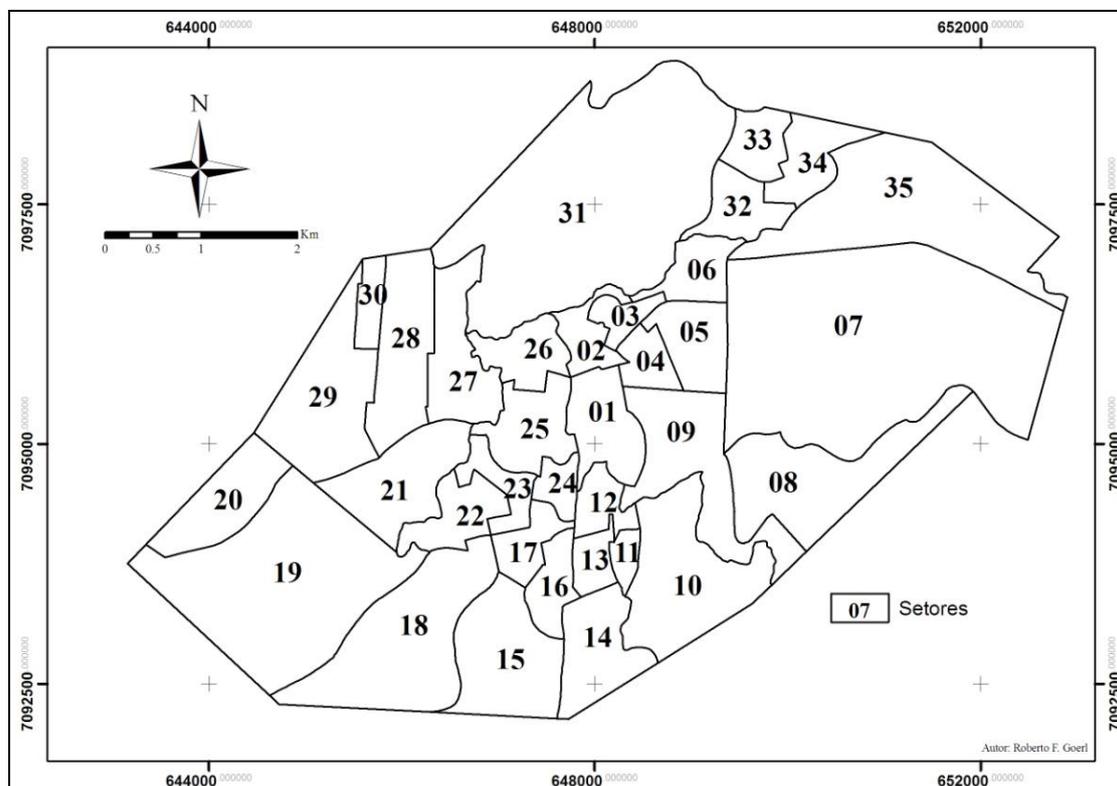


Figura 2 – Setores censitários da área urbana de Rio Negrinho – SC.

Tabela 1 – Código dos setores e seus respectivos bairros em 2000.

nº	Código do Setor	Bairro	Área (km²)	nº	Código do Setor	Bairro	Área (km²)
1	421500005000001	Centro	0,72	19	421500005000019	São Pedro	3,40
2	421500005000002	Centro	0,35	20	421500005000020	São Pedro	0,83
3	421500005000003	Vila Nova	0,23	21	421500005000021	Quitandinha	1,05
4	421500005000004	Vila Nova	0,31	22	421500005000022	Ceramarte	0,54
5	421500005000005	Vila Nova	0,61	23	421500005000023	Ceramarte	0,34
6	421500005000006	Vila Nova	0,45	24	421500005000024	Ceramarte	0,23
7	421500005000007	Industrial Sul	5,93	25	421500005000025	Bela Vista	0,70
8	421500005000008	Pinheirinho	1,55	26	421500005000026	Bela Vista	0,51
9	421500005000009	Alegre	1,43	27	421500005000027	Vista Alegre	0,89
10	421500005000010	Alegre	1,64	28	421500005000028	Vista Alegre	1,09
11	421500005000011	Cruzeiro	0,15	29	421500005000029	Vista Alegre	1,48
12	421500005000012	Cruzeiro	0,33	30	421500005000030	Vista Alegre	0,24
13	421500005000013	Cruzeiro	0,25	31	421500005000031	Campo Lençol	5,02
14	421500005000014	Cruzeiro	0,84	32	421500005000032	Industrial Norte	0,49
15	421500005000015	Barro Preto	1,28	33	421500005000033	Industrial Norte	0,41
16	421500005000016	São Rafael	0,39	34	421500005000034	Industrial Norte	0,55
17	421500005000017	São Rafael	0,36	35	421500005000035	Industrial Norte	2,64
18	421500005000018	São Rafael	2,04			Total	39,27

Foram selecionadas 8 variáveis para construir um índice de vulnerabilidade (Tabela 2), as quais foram agrupadas em 6 variáveis, sendo três relacionadas a características demográficas (*D*), uma a características de dependência/idade (*I*), uma associada a educação (*E*) e uma relacionada a renda (*R*).

O IBGE utilizou-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 conhecia. Aquela que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu e a que apenas assinava o próprio nome foi considerada analfabeta.

Pessoa responsável: homem ou a mulher responsável pelo domicílio particular permanente ou que assim era considerado(a) pelos demais moradores.

Rendimento: a soma do rendimento nominal mensal de trabalho com o proveniente de outras fontes.

Tabela 2 – Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	Número de moradores no setor (<i>D</i>)
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio (<i>D</i>)
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica (<i>D</i>)
% da população acima de 65 anos	Soma da porcentagem da população acima de 65 e abaixo de 12 anos (<i>I</i>)
% da população abaixo de 12 anos	
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	% de pessoas analfabetas acima de 12 anos (<i>E</i>)
% de Responsáveis sem rendimento	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 Salário Mínimo (<i>R</i>)
% de responsável com rendimento até 1 Salário Mínimo	

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

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

$$IV = \frac{Dd + Nm + Mm + TD + E + R}{IDHM} \quad (1)$$

Onde, *Dd* é a densidade demográfica, *Nm* é o número de moradores no setor, *Mm* é média de moradores por residência, *TD* 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. Ressalta-se que *IDHM* é um valor único para todo o município.

Assume-se neste presente trabalho e com base nos conceitos de vulnerabilidade, que a mesma é inversamente proporcional à capacidade de suporte/resposta ou de preparo do município. A escolha do *IDHM* de Rio Negrinho como capacidade de suporte/resposta para todos os setores se deu 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. A primeira resposta ao desastre baseia-se, assim, na capacidade do município, que no presente trabalho traduz-se no *IDHM*.

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* 0,789², o que o situa próximo ao alto desenvolvimento.

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, com a seguinte equação:

$$V_{escalonada} = \frac{V_{observado} - V_{mínimo}}{V_{máximo} - V_{mínimo}} \quad (2)$$

Depois de escalonado, o Índice de Vulnerabilidade foi agrupado em quatro classes; baixa, média e alta e muito alta, definidas pelo desvio quartílico que, segundo Ramos e Sanchez (2000), divide a série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, cada uma 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).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nota-se na Figura 3 que os setores centrais da área urbana são os que possuem a menor média de moradores por residência e a menor população dependente. Em relação às características populacionais do setor ocorre uma distribuição heterogênea da população (Figura 4a), com apenas três setores com população acima dos 1288 habitantes e apenas dois setores com alta densidade demográfica (Figura 4b).

Observa-se também que os setores centrais são os que apresentam maior densidade demográfica. Tem-se na Figura 5a a porcentagem de analfabetos da população acima dos 12 anos e na Figura 5b a porcentagem da população com renda de até 1 salário mínimo ou sem renda. Muitos setores que apresentaram uma porcentagem de analfabetos média (2,28% a 4,60%) foram os que apresentaram uma média porcentagem de população de renda baixa (10,21% a 16,83%).

² <http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>

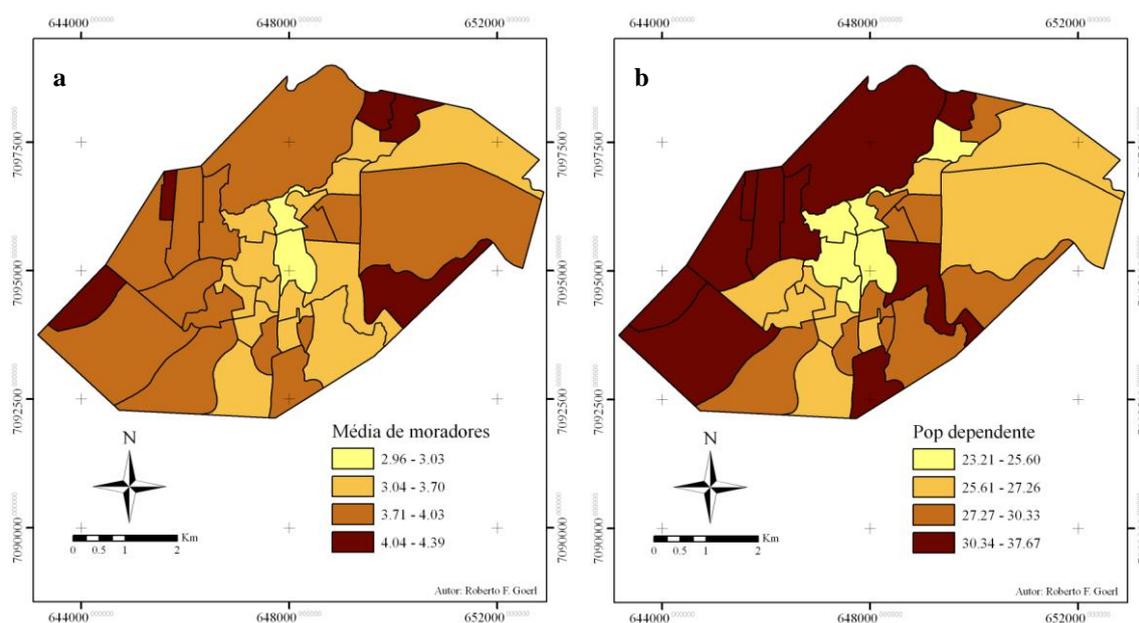


Figura 3 – Características demográficas dos setores: a) média de moradores por residência (em habitantes) e b) % da população dependente (abaixo de 12 e acima de 65 anos).

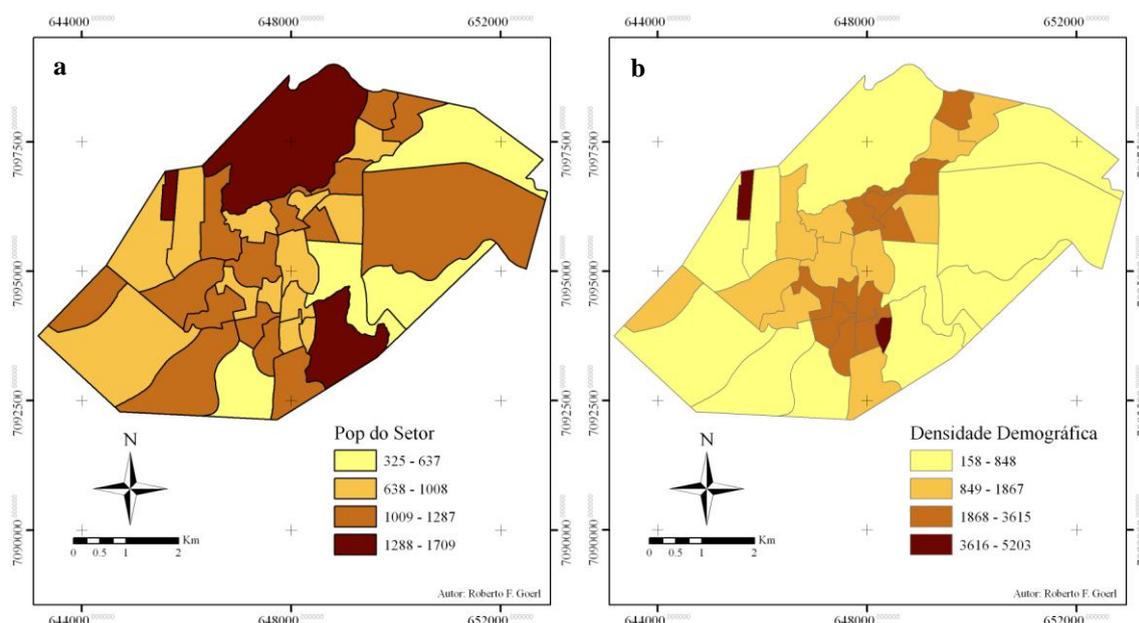


Figura 4 – Características populacionais do setor: a) população total do setor, b) densidade demográfica (hab/km²).

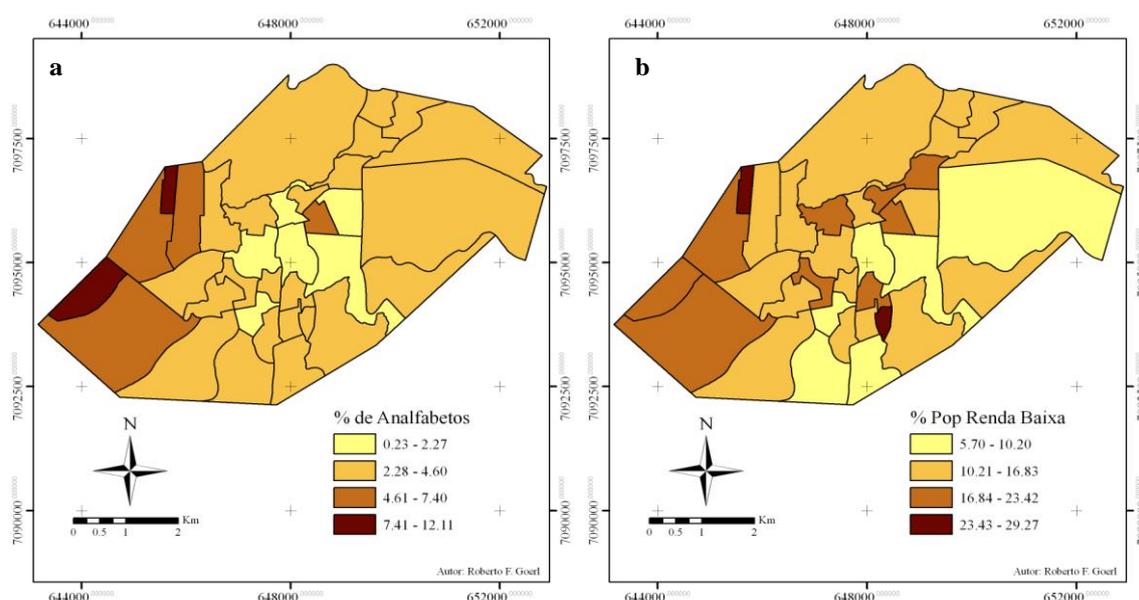


Figura 5 – Características sociais do setor: a) % de pessoas analfabetas acima de 12 anos, b) % da população sem salário ou com renda de até 1 salário mínimo.

Foi realizada uma análise de correlação para verificar se o índice estava tendencioso em relação às características demográficas (Tabela 3). De maneira geral, as variáveis apresentaram a correlação fraca ou bem fraca (menor que 0,39) entre si, sendo que as únicas que apresentaram uma correlação forte (maior que 0,70) foram à taxa de analfabetismo com a % de responsáveis com baixo rendimento. Assim, a população com menos instrução é a que apresenta menor renda, ou seja, ambas as variáveis possuem relação com populações mais vulneráveis. Nota-se também que três variáveis apresentaram correlação moderada, mas cada qual faz parte de diferentes esferas da vulnerabilidade (renda, educação e dependência/idade).

Tabela 3 – Matriz de correlação das variáveis utilizadas no índice de vulnerabilidade.

	Moradores no setor	Média de moradores por domicílio	Densidade Demográfica	Pop. abaixo 12 e acima de 65 anos	Tx. de analf. da pop. acima de 12 anos	% de resp. sem rend. ou com rend. de até 1SM
Moradores no setor	1,00	0,36	0,19	0,22	0,26	0,23
Média de moradores por domicílio	0,36	1,00	0,06	0,64	0,62	0,39
Densidade Demográfica	0,19	0,06	1,00	0,02	0,20	0,49
Pop. abaixo 12 e acima de 65 anos	0,22	0,64	0,02	1,00	0,61	0,39
Tx. de analf. da pop. acima de 12 anos	0,26	0,62	0,20	0,61	1,00	0,72
% de resp. sem rend. ou com rend. de até 1SM	0,23	0,39	0,49	0,39	0,72	1,00

Nota-se na Figura 6 que há vulnerabilidade não é determinada por apenas um ou dois fatores. Em muitos setores, apesar de algumas variáveis apresentarem valores baixos, a vulnerabilidade total foi alta ou muito alta.

Observa-se, por exemplo, o setor 0033, que apresentou baixos valores em duas das seis variáveis, mas mesmo assim possui alta vulnerabilidade. Assim, a vulnerabilidade é resultado de múltiplas determinações que combinadas definem o maior ou menor dano ocasionado quando ocorre um desastre.

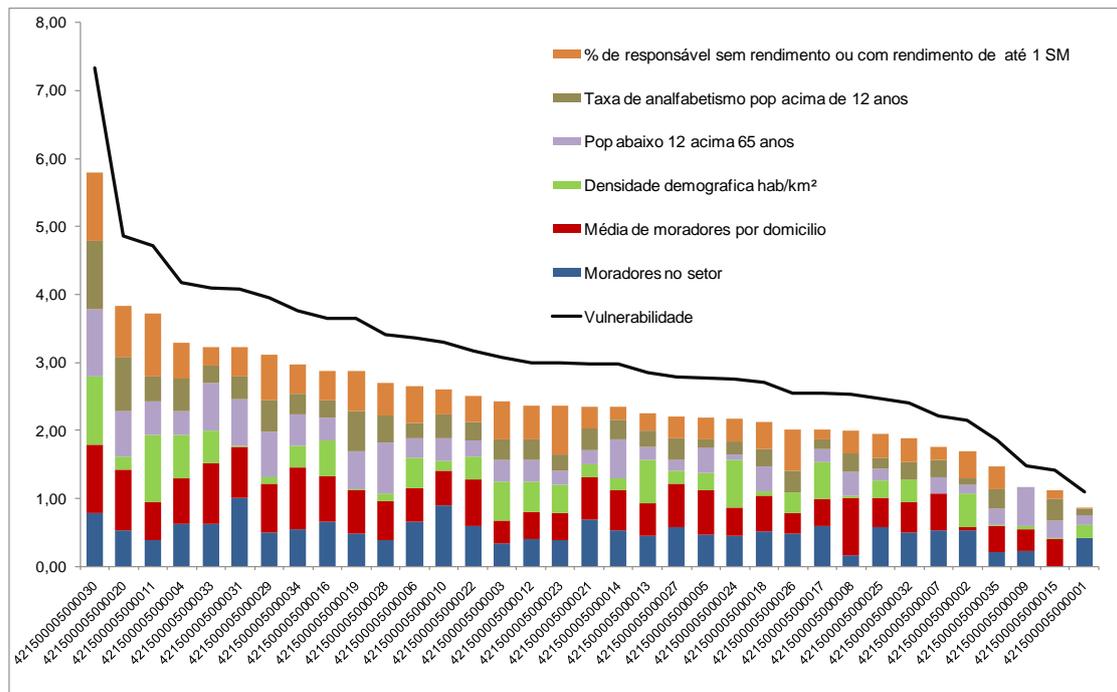


Figura 6 – Comparação entre as variáveis por setor censitário.

Na Tabela 4 são apresentados os valores escalonados de cada variável utilizada para compor o índice de vulnerabilidade. Observa-se que o setor 30 foi o que apresentou o maior valor em cinco das seis variáveis.

A variável que apresentou um comportamento semelhante entre os setores classificados como Muito Alto foi “Média de moradores por domicilio”. Já nos setores de vulnerabilidade baixa não houve um predomínio de apenas um setor com valor zero, sendo que a variável “Moradores no setor” apresentou alguns valores relativamente altos (média de 0,39), corroborando com o que foi comentado no parágrafo anterior.

Nota-se pela tabela que os setores tiveram um comportamento heterogêneo entre as variáveis. Dessa maneira, o IV não ficou tendencioso para determinada dimensão vulnerabilidade (como renda ou educação), expressando de uma maneira mais fidedigna a vulnerabilidade em cada setor.

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, 0031, com a vulnerabilidade acima de 4. Já os setores centrais, foram que apresentaram a menor vulnerabilidade, como os setores 0001, 0015, 0009 e 0035, com a vulnerabilidade abaixo de 2. Através deste mapeamento, pode-se identificar setores prioritários para a implementação de políticas publicas e ações de educação ambiental, o que demonstra a importância desse tipo de análise.

Tabela 4 – Variáveis escalonadas e classificação dos setores quanto à vulnerabilidade

Setor	Moradores no setor	Média de moradores por domicílio	Densidade demográfica hab/km ²	Pop abaixo 12 acima 65 anos	Taxa de analfabetismo pop acima de 12 anos	% de responsável sem rendimento ou com rendimento de	Vulnerabilidade	Classe
421500005000030	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,34	
421500005000020	0,53	0,89	0,20	0,67	0,79	0,75	4,85	
421500005000011	0,39	0,56	0,98	0,49	0,37	0,93	4,71	
421500005000004	0,62	0,68	0,63	0,36	0,47	0,53	4,17	
421500005000033	0,62	0,89	0,48	0,71	0,25	0,28	4,09	Muito Alta
421500005000031	1,00	0,75	0,03	0,68	0,34	0,42	4,08	
421500005000029	0,49	0,73	0,09	0,67	0,47	0,67	3,95	
421500005000034	0,55	0,91	0,32	0,45	0,31	0,43	3,76	
421500005000016	0,65	0,67	0,53	0,34	0,26	0,43	3,65	
421500005000019	0,48	0,63	0,02	0,56	0,60	0,59	3,65	
421500005000028	0,39	0,57	0,11	0,75	0,40	0,47	3,41	
421500005000006	0,65	0,50	0,45	0,28	0,22	0,55	3,36	
421500005000010	0,89	0,52	0,14	0,33	0,35	0,37	3,30	Alta
421500005000022	0,59	0,68	0,34	0,24	0,27	0,38	3,17	
421500005000003	0,33	0,34	0,58	0,31	0,30	0,57	3,08	
421500005000012	0,40	0,40	0,44	0,32	0,30	0,50	2,99	
421500005000023	0,38	0,40	0,41	0,21	0,25	0,71	2,99	
421500005000021	0,69	0,62	0,19	0,21	0,31	0,33	2,98	
421500005000014	0,52	0,59	0,19	0,57	0,29	0,19	2,98	
421500005000013	0,44	0,49	0,63	0,19	0,24	0,26	2,85	
421500005000027	0,57	0,65	0,19	0,16	0,32	0,31	2,79	
421500005000005	0,47	0,65	0,25	0,37	0,13	0,32	2,78	Média
421500005000024	0,44	0,43	0,69	0,08	0,20	0,33	2,75	
421500005000018	0,51	0,53	0,06	0,37	0,25	0,41	2,70	
421500005000026	0,48	0,30	0,31	0,00	0,31	0,61	2,55	
421500005000017	0,59	0,40	0,54	0,20	0,13	0,15	2,55	
421500005000008	0,16	0,85	0,03	0,35	0,27	0,34	2,53	
421500005000025	0,57	0,44	0,25	0,17	0,17	0,35	2,47	
421500005000032	0,49	0,46	0,33	0,00	0,26	0,35	2,40	
421500005000007	0,52	0,55	0,00	0,24	0,26	0,18	2,22	
421500005000002	0,52	0,05	0,50	0,12	0,11	0,40	2,15	Baixa
421500005000035	0,21	0,38	0,01	0,25	0,28	0,34	1,86	
421500005000009	0,23	0,31	0,05	0,57	0,00	0,00	1,47	
421500005000015	0,00	0,40	0,01	0,26	0,32	0,12	1,41	
421500005000001	0,41	0,00	0,19	0,15	0,09	0,02	1,09	

Assim, o mapeamento da vulnerabilidade torna-se essencial para o gerenciamento de desastre, pois é através dele que se pode 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 relacionada à qualidade de vida. A vulnerabilidade aqui dimensionada envolveu variáveis como educação e renda, ou seja, 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 aplicar o mesmo índice de vulnerabilidade nos demais municípios catarinenses, ou até mesmo brasileiros, para determinar assim o maior o menor grau de vulnerabilidade, e assim compará-los os setores ou municípios dentro da mesma escala. Dessa maneira, no presente trabalho, apesar de um setor ser classificado com muito alto, em uma análise regional, o mesmo poderia ser classificado como baixo ou médio. Assim, uma lacuna no estudo e gerenciamento de riscos ainda precisa ser preenchida, especialmente no Brasil.

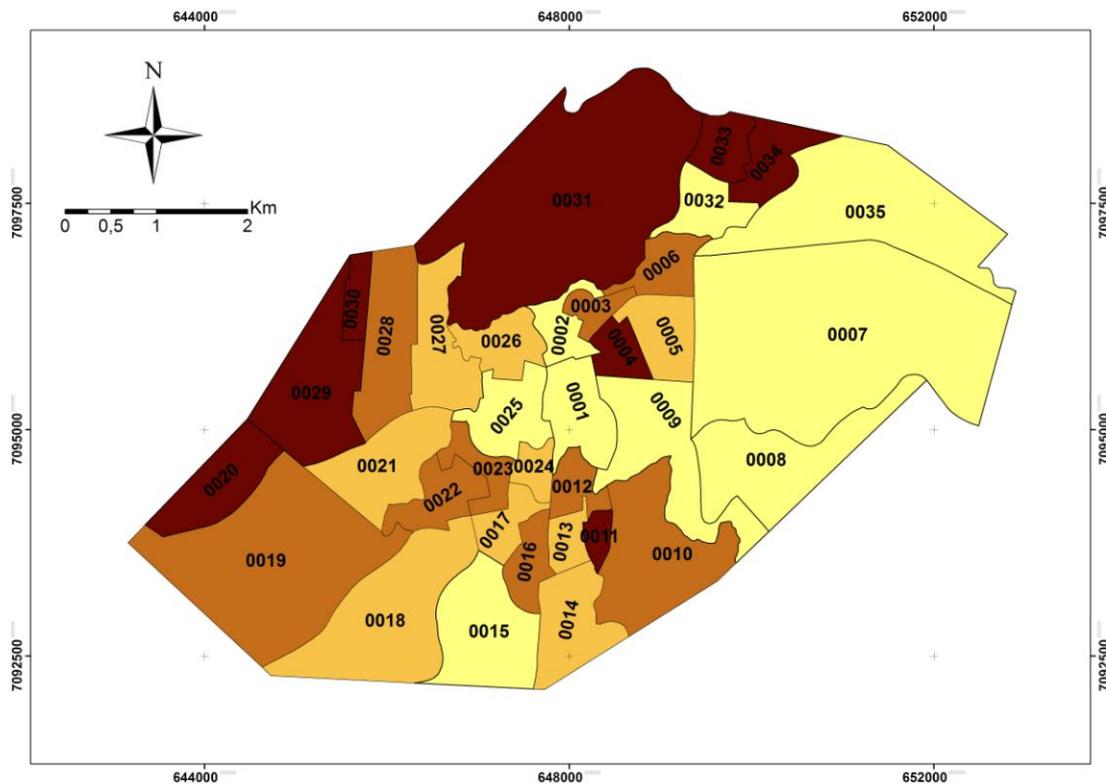


Figura 7 – Mapa de vulnerabilidade da área urbana de Rio Negrinho.

CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma proposta metodológica para mapeamento de áreas vulneráveis na área urbana do município de Rio Negrinho – SC. Ainda não existe um consenso quanto os conceitos de vulnerabilidade e quais parâmetros devem ser utilizados para mensurá-la. Contudo, estimá-la é imprescindível para estudos relacionados aos riscos naturais. Foi focado no presente estudo a vulnerabilidade com base em variáveis socioeconômicas, por ser esta a que melhor representa as características demográficas, além de incluir fatores como renda e educação. Como unidade de análise da vulnerabilidade utilizou-se o setor censitário, que é a menor unidade territorial, com limites físicos identificáveis em campo, com dimensão adequada à operação de pesquisas. Para cada setor censitário foram escolhidas 8 variáveis censitárias, agrupadas em 6, pelas quais foi construído o Índice de Vulnerabilidade. Este índice foi aplicado na área urbana de Rio Negrinho e, ao determinar-se a vulnerabilidade de cada setor, a mesma pode ser espacializada. Apesar da heterogeneidade, nota-se que os setores centrais apresentaram vulnerabilidade baixa e média e os setores situados na borda da área urbana apresentaram maior vulnerabilidade.

O Índice de Vulnerabilidade pode ser uma importante ferramenta para o gerenciamento de riscos. Através dele podem-se propor políticas públicas e identificar áreas prioritárias de investimento de educação e melhoria da infra-estrutura básica. Dessa maneira, além de servir como uma ferramenta de prevenção, também pode servir como um indicador social para investimentos em áreas estratégicas. Por utilizar os dados do censo, este índice pode ser reaplicado a cada década, já que o censo é realizado a cada 10 anos e assim, poder-se-á avaliar a variação temporal e espacial da vulnerabilidade. Por fim, o presente trabalho propôs uma metodologia de baixo custo e fácil aplicação para determinar a vulnerabilidade, podendo a mesma ser aplicada em outros municípios brasileiros, visto que o censo é feito em todo o território nacional.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao CNPQ pelo financiamento da presente pesquisa, na forma de bolsa de mestrado e ao REUNI pela bolsa de Doutorado

REFERÊNCIAS

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. 42 p.

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

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

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

AZAR, D.; RAIN, D. Identifying population vulnerable to hydrological hazards in San Juan, Puerto Rico. **GeoJournal**, v. 69, nº 1, 2007, p. 23-43.

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

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. 63 p.

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, 1998. p. 59-82.

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

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

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

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**, n. 90, v. 4, 2000. p. 713-737.

DILLEY, M. Disaster risk hotspots: A project summary. In: BIRKMANN, J. (org). **Measuring vulnerability to natural hazards : towards disaster resilient societies**. New York: United Nations University Press, 2005. p. 182-188

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.

FRIESECKE, F. Precautionary and Sustainable Flood Protection in Germany – Strategies and Instruments of Spatial Planning. **Proceedings of 3rd FIG Regional Conference**, Jakarta, 2004. 17p.

- GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; CORREA, G. P.; ROCHA, H. L.; GIGLIO, J. N. Desastre hidrológico resultante das chuvas intensas no município de Rio dos Cedros SC. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, ABRH:Campo Grande, 2009, 19p. (cd-rom)
- GOERL, R. F. Reflexões sobre o registro de desastres naturais no Brasil (Pós-fácio). In: SILVEIRA, W. N.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. **História de Inundações em Joinville 1851 - 2008**. Curitiba: Organic Trading, 2009, p. 149 – 153.
- HERRMANN, M. L. P. (Org.) **Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2007. 146p.
- 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. **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. 73 p.
- KELMAN. I. **Physical Flood Vulnerability of Residential Properties in Coastal, Eastern England**. Cambridge. 311 p. PhD Dissertation. University of Cambridge. 2002
- KOBİYAMA, M.; GOERL, R.F.; CORREA, G.P.; MICHEL, G.P. Debris flow occurrences in Rio dos Cedros, Southern Brazil: meteorological and geomorphic aspects. In: WRACHIEN, D.; BREBBIA, C.A. (Orgs.) **Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense Debris Flows III**. Southampton: WITpress, 2010. p.77-88
- KOBİYAMA, 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.
- KOBİYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, Â.; REGINATTO, G.M.P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**. Florianópolis: GEDN, 2004. p. 834-846
- KOHLER, A.; JÜLICH, S.; BLOEMERTZ, L. **Risk Analysis – a basis for disaster risk management**. Eschborn: GTZ, 2004. 76p.
- MACDONALD, R. **Introduction to Natural and Man-made Disasters and their Effects on Buildings**. Oxford: Elsevier. 2003. 257p.
- MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBİYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia (UFU)**, Uberlândia, v.7, n.17, 2006. p. 72-84,
- 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.
- 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. 314 p.
- PLATE, E. J. Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, v. 267, 2002. p. 2-11.
- RODRIGUEZ, J; VOS, F.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disaster Statistical Review 2008: The numbers and trends**. CRED: Brussels, 2008, 33p.
- ROSENFELD, C. L. The geomorphological dimensions of natural disasters. **Geomorphology**, v. 10, 1994. p. 27-36.

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.

SILVEIRA, W. N.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. **História de Inundações em Joinville 1851 - 2008**. Curitiba: Organic Trading, 2009, 153 p.

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

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.

VOS, F.; RODRIGUEZ, J; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, G. **Annual Disaster Statistical Review 2008: The numbers and trends**. CRED: Brussels, 2009, 46p

WEICHSELGARTNER, J. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. **Disaster Prevention and Management**. v. 10, n. 2, 2001. p. 85-94.