

Vulnerabilidade socioeconômica à ocorrência de eventos extremos: proposta metodológica.

Mariele Coletto Furlan ¹
María Silvia Pardi Lacruz ²
Tania Maria Sausen ³

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Av. Roraima, nº 1000 – 97105-900 – Santa Maria – RS, Brasil
mariele.furlan@yahoo.com.br

² Campus Brasil/CRECTEALC
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil
lacruz@dsr.inpe.br

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/CRS
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil
tania@dsr.inpe.br

Abstract. The importance of vulnerability to natural disasters studies is linked to the necessity of knowing spatially, which areas are more susceptible for the occurrence of natural hazards and extreme events and which characteristics may increase the risk. The main objective of this work is to develop a methodology to calculate the vulnerability to extreme events, using spatial analysis techniques. The specific objectives include the creation of a database containing socioeconomics and infrastructure information at municipal level; the application of spatial analysis techniques to define the weights of the vulnerability to natural disasters factors; define the vulnerability factors and map the vulnerability to natural disasters. The geographic database containing information about the events and the socioeconomic data were processed in the software SPRING, which allows the integration of the information and the analysis of the existent relations between the different factors considered. These data were analyzed through the tool of support for taking decisions on the AHP (Analytic Hierarchy Process) technique, on for each indicator was ascribed a relative weight due its importance. For each analyzed events were generated three indexes, each one referent to a component of the vulnerability concept of Cardona (2001): physical fragility, socioeconomic fragility and lack of resilience. Reducing the vulnerability of populations to disaster is a crucial aspect of disaster management..

Palavras-chave: vulnerability, extreme events, natural disaster, vulnerabilidade, eventos extremos, desastres naturais.

1. Introdução

Os desastres naturais no país são resultado de uma combinação da ocorrência de eventos extremos com a vulnerabilidade física e/ou socioeconômica que os locais apresentam, portanto destaca-se a necessidade de se conhecer espacialmente quais áreas são mais susceptíveis a ocorrência de adversidades ambientais, e que possuem características que potencializam o risco. Para Braga et al. (2006) a grande incidência de eventos extremos justifica a necessidade de aprofundar o conhecimento científico sobre os efeitos desiguais destes eventos na população, assim como o desenvolvimento de metodologias de mensuração da vulnerabilidade a estes eventos.

O objetivo geral deste trabalho é a elaboração de uma metodologia para o cálculo da vulnerabilidade a eventos extremos. Os objetivos específicos são: criar uma base de dados contendo informações de infraestrutura em nível municipal; aplicar técnicas de análise espacial para definir os pesos dos fatores de vulnerabilidade a desastres naturais; hierarquizar os fatores de vulnerabilidade e elaborar o mapa de vulnerabilidade a desastres naturais.

Este estudo não teve a pretensão de abarcar a totalidade de elementos que definem a vulnerabilidade a desastres naturais, mas sim buscou apresentar uma forma de interpretação

desta realidade. Esta metodologia considerou apenas algumas variáveis, do ponto de vista das condições sociais, econômicas e de infraestrutura. Mesmo por que, devido à escala utilizada, a metodologia foi baseada em dados organizados por municípios, o que direcionou o trabalho a uma análise espacial do tema por área, usando os limites municipais.

2. Metodologia

Os procedimentos metodológicos aplicados neste projeto consistiram em um primeiro momento na análise do referencial teórico para a elaboração da metodologia que seria utilizada e na escolha do tipo de dados que seriam necessários. Posteriormente foi realizada a elaboração de um banco de dados geográfico, foram aplicadas técnicas de análise espacial e realizada a confecção de mapas temáticos para análise da vulnerabilidade a desastres naturais do estado do Paraná.

Com base no referencial teórico, identificaram-se alguns dos fatores determinantes para vulnerabilidade a eventos extremos e conseqüentemente a desastres naturais, sendo para este trabalho considerado os dados socioeconômicos por município, como: Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, densidade populacional, população urbana e rural, incidência de pobreza, razão de dependência, razão de sexo, faixas etárias mais vulneráveis (menores de 10 anos e maiores de 65 anos de idade); dados de infraestrutura como o número de estabelecimentos de saúde; e a ocorrência municipal dos eventos extremos: inundação gradual, inundação brusca, escorregamento, vendaval, granizo e estiagem no período de 1980 a 2009. Também foram incorporados dentro do banco de dados informações referentes à hipsometria e declividade que auxiliaram na análise integrada dos dados.

O banco de dados geográfico contendo as informações acima descritas foi elaborado no *software* SPRING versão 4.3.2. As informações referentes a desastres naturais foram adquiridas junto à Defesa Civil do Estado do Paraná, os dados populacionais e socioeconômicos foram obtidos do *site* da IBGE. As imagens do *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* foram obtidas da página <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/South_America/>.

Os dados relativos à população e a desastres naturais estavam em formato de tabelas e foram importados para o banco de dados como planos de informação do tipo cadastral, de maneira que pudessem ser agrupados de acordo os seus atributos característicos ou que permitissem fazer consultas espaciais ou por atributos, com o intuito de gerar os mapas temáticos de cada variável em estudo. Estes mapas foram analisados de forma integrada através da ferramenta de apoio à tomada de decisões baseada na técnica *AHP (Analytic Hierarchy Process)* processo analítico hierárquico, na qual para cada indicador atribui-se um peso relativo à sua importância (Saaty, 1977, Miranda, 2010).

Para a definição das classes utilizadas na compilação dos mapas temáticos gerados por agrupamento e por consulta de atributos foi usada a técnica de agrupamento por quantil, que tem por característica gerar n grupos contendo o mesmo número de objetos em cada grupo. Os mapas sobre eventos extremos foram realizados com cinco classes temáticas, sendo que os mapas baseados nas características socioeconômicas e de infraestrutura foram realizados com cinco, sete ou dez classes, conforme a necessidade do tema. Os mapas temáticos referentes a vulnerabilidade a desastres naturais dos municípios do estado do Paraná foram resultado da análise de três índices, que por sua vez foram gerados a partir da concepção de vulnerabilidade de Cardona (2001). Este autor identifica no conceito de vulnerabilidade três componentes: a fragilidade física ou exposição, a fragilidade socioeconômica e a falta de resiliência.

Estes índices variaram de evento para evento, pois foram utilizados elementos diferentes para caracterizar os índices, isto se deve ao fato de considerar que diferentes eventos naturais afetam de forma ímpar o espaço, o que inclui a sociedade e a forma como

esta irá responder a diferentes desastres. Por exemplo, para eventos de estiagem foram considerados os dados de porcentagem da população rural dos municípios, pois ela afeta economicamente mais o campo do que a cidade, pelo menos em um primeiro momento.

O índice de fragilidade física representa as fragilidades do meio ligadas às características naturais, como o histórico de ocorrência de eventos extremos, as condições do terreno; neste caso optou-se por utilizar dados referentes a declividade, unidades de relevo, hipsometria e densidade de drenagem. O índice de fragilidade socioeconômica representa o quanto uma população apresenta-se vulnerável caso ocorra algum evento natural extremo. O índice sobre a falta de resiliência indica a pouca capacidade de uma determinada população de se restabelecer após um desastre natural.

3. Resultados

Tendo em vista que a proposta deste trabalho é a apresentação da metodologia elaborada para o cálculo da vulnerabilidade socioeconômica a eventos extremos, a seguir apresentam-se as etapas que compõem a preparação dos dados para que este cálculo seja possível, tendo por base dados referentes ao estado do Paraná.

3.1 Criação do Banco de Dados

A criação do banco de dados geográfico no aplicativo *SPRING*, permite que informações sejam combinadas entre si em várias disposições, possibilitando desta forma, a análise das relações existentes entre os diferentes fatores considerados em uma pesquisa. A análise inicial dos dados foi realizada por agrupamento de variáveis e por consulta de atributos, a partir das quais foram gerados mapas temáticos referentes à ocorrência de eventos extremos no estado do Paraná, considerando apenas o número total de cada tipo de desastre no período de 1980 a 2009, para os eventos de: inundação gradual, inundação brusca, vendaval, estiagem e granizo (Figura 1). Considerou-se também o total de pessoas afetadas por desastres naturais no estado do Paraná neste mesmo período (Figura 2).

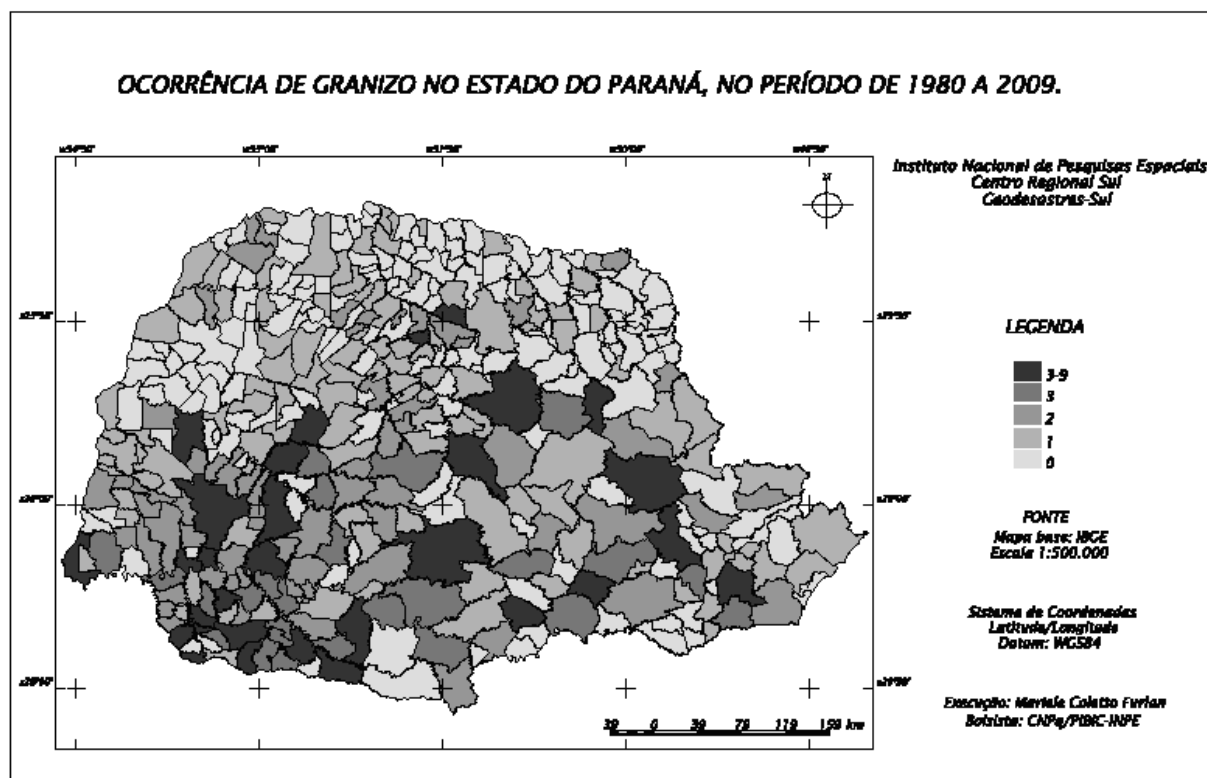


Figura 1. Mapa da ocorrência de granizo no estado do paraná, no período de 1980 a 2009.

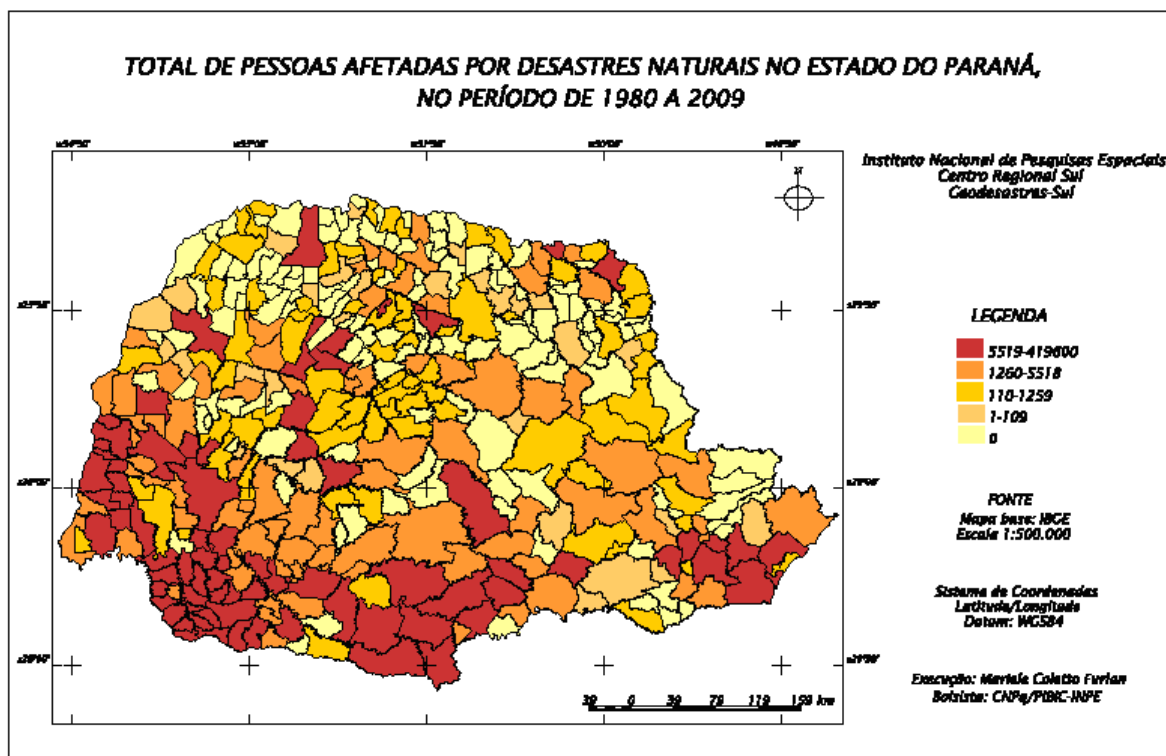


Figura 2. Mapa do Total de pessoas afetadas por desastre naturais no Estado do Paraná, no período de 1980 a 2009.

O banco de dados gerado contém também informações de natureza socioeconômica como: PIB per capita, densidade populacional, população urbana e rural (percentagem em relação à população total), incidência de pobreza, faixa etária de risco, educação, número de estabelecimentos de saúde (Figura 3), razão de dependência e razão de sexo.

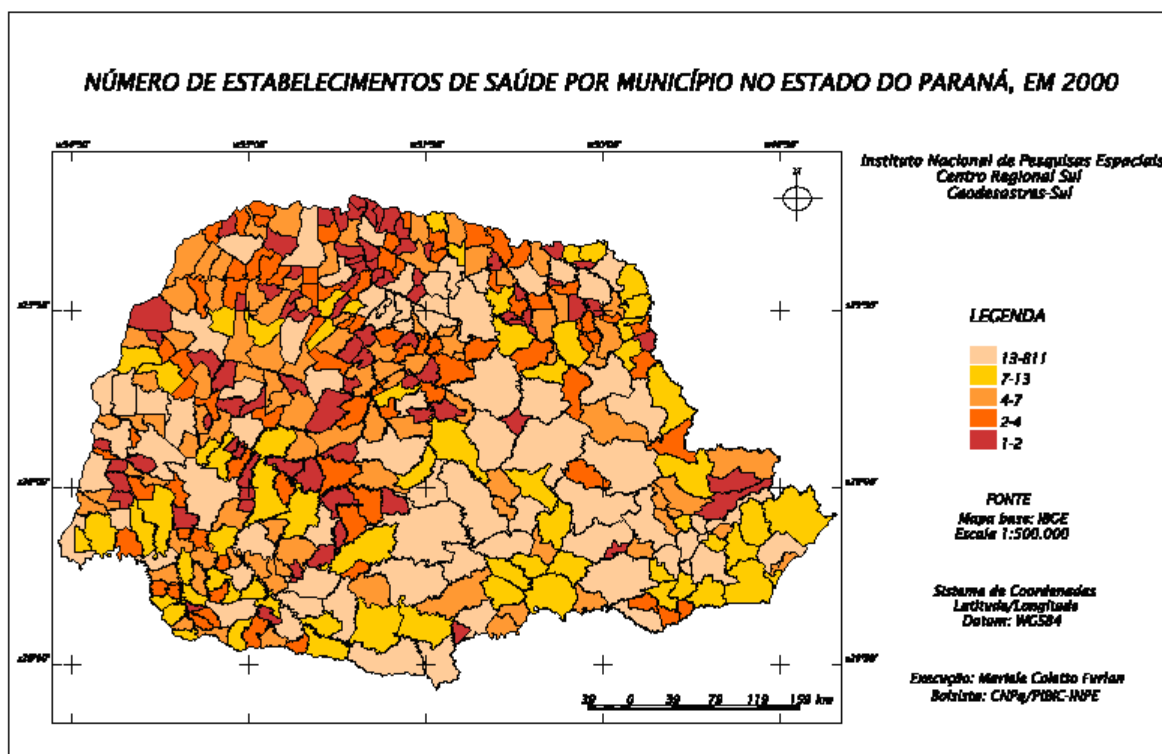


Figura 3. Mapa do número de estabelecimentos de saúde por município no Estado do Paraná, em 2000.

3.2 Vulnerabilidade a Desastres Naturais: fragilidade física, fragilidade socioeconômica e falta de resiliência.

Os mapas temáticos referentes a vulnerabilidade dos municípios à desastres naturais são resultado da combinação e análise de três índices: a fragilidade física, fragilidade socioeconômica e a falta de resiliência. Esta nomenclatura foi baseada no estudo de Cardona (2001), onde ele apresenta uma perspectiva bastante abrangente sobre a vulnerabilidade, identificando neste conceito três componentes principais, que foram utilizados neste estudo. Para o autor a fragilidade física, ou exposição é a componente física e ambiental da vulnerabilidade, associada a quanto um grupo populacional é susceptível a um fenômeno perigoso em função de sua localização em relação à abrangência do fenômeno e a ausência de resistência física a sua propagação. A fragilidade socioeconômica está relacionada com a predisposição de uma população a sofrer danos em função de níveis de marginalidade e segregação social, assim como a condições sociais e econômicas precárias. A falta de resiliência é o componente ligado à capacidade da sociedade submetida a um evento extremo de reagir ao evento e de se adaptar, sendo expressa, por exemplo, nas limitações de uma comunidade de mobilizar recursos para assentamentos humanos após um evento.

Para cada tipologia de evento extremo se tem algumas variações nos componentes de cada índice, para fragilidade física são considerados os números totais de ocorrência de cada evento integrado aos mapas de declividade do terreno, drenagem, unidades de relevo e hipsometria, dependendo, em cada caso, do evento em análise, como se pode observar na Tabela 1. Para calcular a fragilidade socioeconômica foram consideradas a incidência de pobreza, a densidade populacional, população rural e/ou urbana, a faixa etária de risco (menores de 10 anos e maiores de 65 anos de idade) e a educação (número de matrículas no ensino regular em relação ao total da população).

A diferença encontrada nos índices entre os diferentes eventos está principalmente nos pesos atribuídos a cada variável que os compõem, dependendo das características de cada evento. Por exemplo, a composição do índice falta de resiliência, que indica a capacidade de um município de se restabelecer após a ocorrência de algum evento extremo, mantêm-se igual para todos os eventos considerados, mas os pesos atribuídos às variáveis que o compõem sofrem pequenas alterações conforme o evento. Este índice foi obtido a partir da integração de informações sobre PIB per capita, número de estabelecimentos de saúde por municípios, razão de sexo e razão de dependência. Há diferença também na entrada dos dados de fragilidade física, onde sua composição e os valores estabelecidos variam de acordo com cada evento.

Os valores obtidos em cada índice foram classificados em baixa, média e alta. Valores pertencentes aos níveis baixos representam situações de baixa fragilidade socioeconômica e baixa falta de resiliência, o que indica condições socioeconômicas relativamente boas para enfrentar a possível ocorrência de um evento extremo e alta capacidade de resiliência, ou seja, capacidade de se reestruturar após este tipo de evento. Os valores mais altos, por sua vez, representam alta fragilidade socioeconômica, ou seja, indicam áreas com condições sociais e econômicas mais frágeis, que potencializam a ocorrência de um desastre natural caso ocorra um evento extremo, e alta falta de resiliência, que mostra que há grande dificuldade de se restabelecer após um desastre.

Tabela 1. Descrição dos índices que compõem o cálculo da vulnerabilidade a eventos extremos

Índices	Fragilidade Física	Fragilidade Socioeconômica	Falta de Resiliência
Inundações Bruscas e graduais	Declividade; Drenagem; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Porcentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; Educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
Estiagens	Drenagem; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Porcentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
Granizo	Hipsometria; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Porcentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.
Vendavais	Unidade de relevo; Ocorrência dos eventos.	Densidade populacional; Porcentagem de população urbana e rural; Faixas etárias; educação; Índice de GINI.	PIB per capita; Número de estabelecimentos de saúde; Razão de sexo; Razão de dependência.

4. Considerações

A proposta metodológica exposta neste artigo inclui a elaboração de três índices que compõem o cálculo da vulnerabilidade a eventos extremos, índice de fragilidade física que permite obter-se o mapeamento das áreas mais vulneráveis à ocorrência de cada um dos eventos analisados e mapeados; a fragilidade socioeconômica que indica quais áreas sofreriam mais com a ocorrência dos eventos do ponto de vista social, e de infraestrutura; e o índice falta de resiliência que destaca a capacidade de um município se recuperar após a ocorrência do desastre natural.

A utilização de técnicas de análise espacial para o estudo da vulnerabilidade a desastres naturais se mostrou bastante efetivo, uma vez que permite a identificação de padrões na ocorrência de eventos extremos e a visualização das áreas mais frágeis. Por meio da análise espacial de dados socioeconômicos, populacionais e de infraestrutura, foi possível identificar as áreas mais susceptíveis às adversidades, levando em consideração as limitações referentes à escala utilizada. Escala esta que possibilitou uma análise regional, abrangendo todo o estado do Paraná, onde as informações foram dispostas por município.

O produto final desta metodologia proporciona subsídios para o ordenamento territorial tendo como objetivo, por exemplo, proporcionar respaldo técnico a elaboração de

medidas de prevenção a desastres naturais, uma vez que os órgãos públicos podem direcionar tais medidas às áreas mais vulneráveis indicadas no estudo.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Iniciação Científica CNPq/INPE concedida.

Referências

BRAGA, T. M; et al. Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática. **Anais...** XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu, 2006. Disponível em: <www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/.../ABEP2006_204.pdf> Acessado em: 14 ago. 2009.

CARDONA, O. D. **Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos**. Tese de Doutorado. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2001. Disponível em: <<http://www.tdcat.cesca.es/TDCat-0416102-075520>>. Acessado em: 18 jan. 2010.

Saaty, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**. San Diego, v. 15, p. 234-281. 1977.

Miranda, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2010. p. 433.