



**Proposta Metodológica para o Mapeamento da Vulnerabilidade a Inundações**  
Methodological Proposal for Flood Vulnerability Mapping

Paola de Assis de Souza Ramos<sup>1</sup>; Guilherme Garcia Oliveira<sup>2</sup>;  
Mariana Madruga de Brito<sup>3</sup> & Luiz Carlos Pinto da Silva Filho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto,  
Av. Bento Gonçalves, 9500, Agronomia, 91501-970, Campus do Vale, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento Interdisciplinar,  
Campus Litoral Norte, Rodovia RS-030, 11.700, Emboaba, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>3</sup>University of Bonn, Department of Geography, Meckenheimer Allee, 166, 53115, Bonn, Alemanha

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia,  
Av. Osvaldo Aranha, 9, Centro Histórico, 90035-190, Porto Alegre, RS, Brasil

E-mail: [paola\\_s\\_ramos@hotmail.com](mailto:paola_s_ramos@hotmail.com); [g.g.oliveira10@gmail.com](mailto:g.g.oliveira10@gmail.com); [mmdb@outlook.com](mailto:mmdb@outlook.com); [lcarlos66@gmail.com](mailto:lcarlos66@gmail.com)

Recebido em: 03/09/2018 Aprovado em: 16/10/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_3\\_281\\_291](http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_281_291)

## Resumo

Esta pesquisa apresenta uma metodologia para mapear a vulnerabilidade à inundação em diferentes fases do gerenciamento de desastres no município de Igrejinha, RS. Ao total, foram utilizados 10 indicadores distribuídos em 3 dimensões de vulnerabilidade, os quais foram espacializados com o uso do método de mapeamento dasimétrico. Por meio do método Processo Analítico Hierárquico (AHP), solicitou-se a 21 especialistas que atribuissem pesos de importância para cada um dos indicadores durante duas fases do gerenciamento de desastres: resposta e recuperação. Por fim, foram elaborados mapas comparativos, por meio de ferramentas de geoprocessamento disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica. Destaca-se como resultado as diferenças apresentadas entre fases resposta e recuperação, nas dimensões e no mapa final de vulnerabilidade a inundações

**Palavras-chave:** Método AHP; Indicadores de Vulnerabilidade; Setores Censitários

## Abstract

This study presents a methodology to map the vulnerability to floods in different phases of the disaster management process at the municipality of Igrejinha, RS. A total of 10 indicators, distributed in 3 dimensions of vulnerability were used. They were spatialized through the use of the dasymetric method. By using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, 21 experts assigned weights of importance to each one of the indicators during two phases of disaster management: response and recovery. Finally, comparative maps were produced, using available geographic information system tools. As a result, it was possible to highlight the differences found between the phases of response and recovery, not only on each of the dimensions but also on the final flood vulnerability map.

**Keywords:** AHP method; Vulnerability Indicators; Census Area

## 1 Introdução

O aumento demográfico e expansão das cidades de maneira desordenada, modificam profundamente o espaço geográfico. Estas alterações impulsionam o crescimento urbano em áreas inadequadas para moradia, como planícies de inundação (CEPE-D-RS/UFRGS, 2016a). As inundações são fenômenos naturais e correspondem ao transbordamento gradual de cursos d'água, geralmente após um período de chuvas prologadas (Brasil, 2016).

A expansão dos centros urbanos em planícies de inundação, sem o devido planejamento, aumenta a vulnerabilidade da população e, conseqüentemente, os impactos causados por esses processos. A vulnerabilidade se refere às características e situações de um indivíduo ou grupo, que influenciam na capacidade de antecipar, lidar, resistir e recuperar-se dos impactos de eventos adversos (Wisner *et al.*, 2003).

A gestão de riscos e o gerenciamento de desastres engloba um conjunto de ações que visam aprimorar a capacidade de enfrentamento de uma comunidade e reduzir os impactos causados por eventos adversos. A gestão de riscos é composta pelas etapas de prevenção, mitigação e preparação, enquanto que o gerenciamento de desastres é composto pelas etapas de resposta e recuperação (UNISDR, 2009; Copola, 2015).

O mapeamento da vulnerabilidade faz parte do conjunto de medidas não estruturais. São importantes, pois permitem localizar e avaliar as características da população exposta a um determinado processo perigoso. Assim, tais mapas podem subsidiar a adoção de medidas para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência da sociedade (Edwards *et al.*, 2007).

Os mapas de vulnerabilidade podem ser criados por meio de ferramentas de geoprocessamento em SIG. Essas ferramentas auxiliam na tomada de decisão e no planejamento estratégico para a gestão de riscos e o gerenciamento de desastres (CEPED-RS/UFRGS, 2016a).

Existem diversos métodos para estimar a vulnerabilidade, que variam de acordo com a escala e o tipo de perigo que a população está expos-

ta. Em grande parte dos estudos, o setor censitário é utilizado como unidade territorial (Alves, 2006; Goerl *et al.*, 2012; Silva, 2014). No entanto, quando se refere às inundações, essa metodologia apresenta limitações, visto que este procedimento mascara a densidade populacional real, pois mesmo as áreas não residenciais são incluídas no cálculo (Silveira *et al.*, 2013). Dessa maneira, o método dasimétrico pode ser utilizado para descrever de maneira mais realista os indicadores vulnerabilidade. Esse método permite diminuir o efeito de suavização observado nos métodos tradicionais, em especial nas áreas onde os polígonos censitários são maiores.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma metodologia para mapear a vulnerabilidade à inundação nas fases de resposta e recuperação, a partir da utilização do método dasimétrico em ambiente SIG. O município de Igrejinha/RS foi utilizado para ilustrar a metodologia proposta, visto que é altamente suscetível a inundações, com um total de 15 eventos registrados entre 1982 e 2016 (Ramos *et al.*, 2016).

## 2 Área de Estudo

O município de Igrejinha situa-se no nordeste do RS, na bacia hidrográfica do rio dos Sinos. A população do município é de 31.660 habitantes (IBGE, 2010), a qual se concentra na sub-bacia do rio Paranhana (Figura 1). A região apresenta uma grande amplitude altimétrica, sendo que a zona urbana está localizada em áreas baixas, (20 a 100 m), enquanto que no meio rural a altitude chega a 770 m (Bressani, 2014).

Segundo a classificação de Köppen, o município possui um clima subtropical úmido, com verão quente (Cfa). O número de dias de chuva por ano varia de 130 a 150, com precipitação acumulada anual de 1.650 mm (Rossato, 2011; Brubacher *et al.*, 2012). O período entre os meses de junho e outubro é o mais chuvoso, em função do avanço de sistemas frontais, que resultam em precipitações mais longas e volumosas. De novembro a março, a precipitação é influenciada por sistemas convectivos, sendo mais intensas e localizadas. As ocorrências de inundação se concentram nos meses de julho e agosto (Ramos *et al.*, 2016).

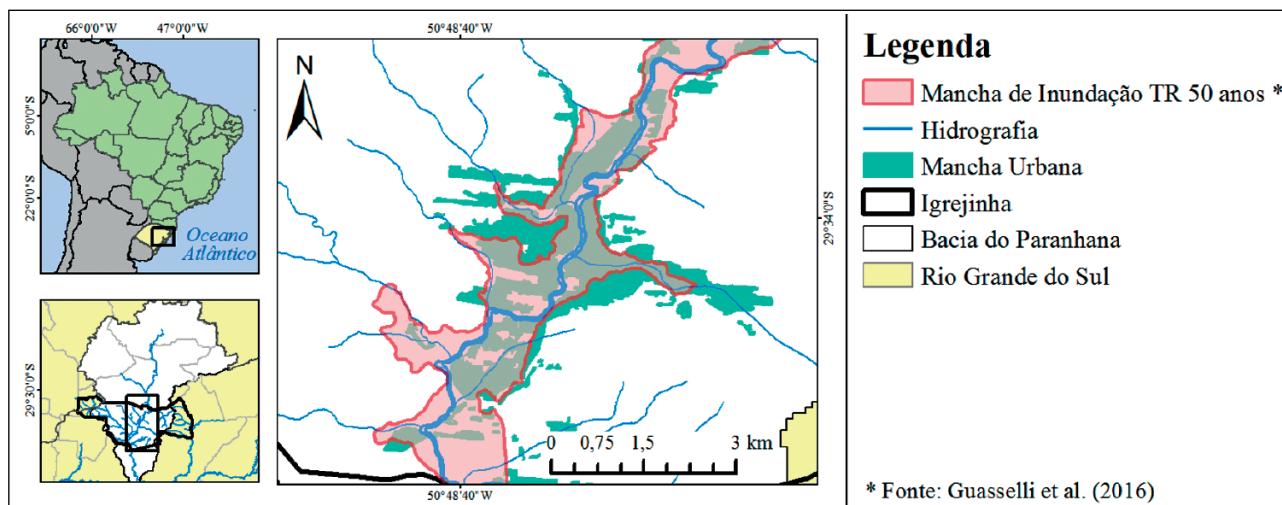


Figura 1 Localização de Igrejinha/RS e a mancha de inundação sobreposta à mancha urbana.

As características geográficas do município de Igrejinha estão intimamente ligadas à ocorrência de inundações e enxurradas. Esses processos estão associados à forma do relevo, uso, cobertura e tipo de solo, hidrografia e regime de precipitação (Oliveira *et al.*, 2013). Segundo Ramos *et al.* (2016), ocorreram 35 eventos hidrológicos entre 1982 e 2015, dos quais 20 são inundações do rio Paranhana, e 29 são enxurradas dos afluentes. Devido ao seu histórico de desastres, Igrejinha está entre os municípios prioritários para mapeamento das áreas de risco, conforme consta no Plano Nacional de Gestão de Risco e Resposta a Desastres Naturais (MP, 2012). É importante destacar que o município participa da campanha cidades Resilientes da ONU.

### 3 Material e Métodos

A metodologia foi desenvolvida com base nos trabalhos de Alves (2006), Goerl *et al.* (2012), Silva (2014), Schumann & Moura (2015) e CEPED/UFRGS (2016b). A Figura 2 mostra as etapas para o desenvolvimento desta pesquisa.

A unidade territorial utilizada se refere aos setores censitários do IBGE, porém com distribuição heterogênea da população no seu interior, com uso da técnica dasimétrica binária. Segundo Eicher e Brewer (2001), esse método permite refinar as informações espaciais por meio de dados auxiliares, desagregando informações contidas em uma área,

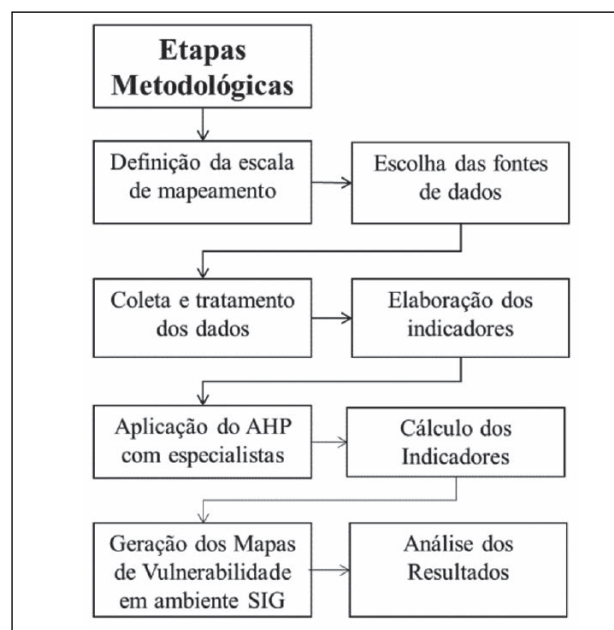


Figura 2 Fluxograma do estudo.

em unidades menores e homogêneas. Neste estudo, o refinamento foi obtido pelo mapeamento das áreas edificadas em cada setor, com uso de uma fotografia aérea adquirida em 2013, e disponibilizada pelo município. Foi realizada a vetorização para obtenção da mancha urbana. A Figura 3 sintetiza os dados que foram utilizados neste estudo, com 10 indicadores distribuídos em três dimensões.

Em relação à dimensão de demografia, o Adensamento Domiciliar refere-se à quantidade de

Dimensão	Indicador	Dados utilizados	Fonte
Características Demográficas	Adensamento	Mancha urbana	Autores
	Domiciliar	Censo	IBGE (2010)
	Exposição à inundações	Mancha de inundação TR 50 anos	GUASSELLI et al. (2016)
		Mancha Urbana	Autores
Residentes	Censo	IBGE (2010)	
Social	Renda	Censo	IBGE (2010)
	Crianças	Censo	IBGE (2010)
	Pessoas com deficiência	Censo	CEPED-RS/UFRGS (2016b)
	Idosos	Censo	IBGE (2010)
Saneamento e Infraestrutura	Esgoto a céu aberto	Censo	IBGE (2010)
	Sistema de drenagem	Censo	IBGE (2010)
	Lixo no logradouro	Censo	IBGE (2010)

Figura 3 Dimensões, indicadores de vulnerabilidade e fontes de dados utilizadas.

residências dentro da mancha urbana de um setor censitário. No geral, quanto maior o adensamento, maior a vulnerabilidade. Além disso, o adensamento construtivo pode ocasionar a impermeabilização do solo, contribuindo para o agravamento dos processos hidrológicos extremos (Oliveira *et al.*, 2015; CEPED/UFRGS 2016b). Como nem toda a população de um setor censitário está exposta ao perigo, foi utilizado também o indicador Exposição às Inundações, que mensura a área urbana construída dentro do setor censitário exposta a inundações. O Número de residentes foi utilizado no intuito de avaliar a distribuição e concentração da população em cada setor. Quanto maior o número de pessoas, mais difícil se torna o gerenciamento, devido ao aumento da demanda de recursos para atender às necessidades da população durante a ocorrência de um desastre.

Na dimensão social, um indicador é a Renda, pois quanto maior o rendimento de uma família, mais recursos ela possui para lidar com o impacto das inundações (Maesterson, 2014). A definição das famílias de baixa renda foi realizada de acordo com o Decreto Federal nº 6.135/2007, sendo aquelas com renda mensal *per capita* de até 0,5 salários mínimos ou familiar inferior a 3 salários mínimos por mês (Brasil, 2007). Além desse indicador, foi considerado o número de Crianças, Idosos e Pessoas com Deficiência (PCD), em função de possíveis restrições na mobilidade, na autonomia e capacidade de decisão, muitas vezes necessitando de auxílio para fuga durante a ocorrência de uma inundação. Neste estudo, as definições de criança (< 12 anos) e de idoso (> 60 anos) estabelecidas pelos Estatutos da Criança e do Adolescente (Brasil, 1990) e do Idoso foram utilizadas (Brasil, 2003).

A última dimensão avalia a infraestrutura e o saneamento. Os indicadores desta dimensão são a presença de Esgoto a Céu Aberto, a existência de Sistema de Drenagem e o Lixo no Logradouro. Estes indicadores refletem, respectivamente, os locais com domicílios sem rede adequada de esgoto, com possível exposição da população à água contaminada e doenças de veiculação hídrica, os locais que não possuem bueiro e sistema de drenagem pluvial na face do domicílio e a existência de acúmulo de resíduos sólidos em frente ao domicílio, o que pode causar a obstrução do sistema de drenagem.

Uma vez que os indicadores possuem unidades de medidas diferentes, foi realizada a padronização dos valores. Para tal, utilizou-se o método adotado por Buzai (2014). Cada indicador foi escalonado com valores de 0 (menor vulnerabilidade) a 1 (maior vulnerabilidade), considerando uma tendência linear entre os valores mínimos e máximos observados.

Os pesos de cada dimensão e indicador de vulnerabilidade foram atribuídos por meio do método Processo Analítico Hierárquico (AHP), proposto por Saaty (1980). Nesta técnica, os indicadores de vulnerabilidade foram comparados uns aos outros, em pares, por meio de uma escala pré-definida. Para tanto, foram consultados 10 pesquisadores do Grupo de Gestão de Riscos e Desastres (GRID-UFRGS), 5 especialistas na área de desastres e 6 membros da Oficina Regional Permanente de Proteção e Defesa Civil. A atribuição de pesos foi feita por meio de questionários.

Nesta pesquisa, adotou-se o princípio de que os indicadores de vulnerabilidade se relacionam entre si de forma diferente dependendo da fase do gerenciamento de um desastre (resposta e recuperação). A resposta se refere ao momento da ocorrência de um perigo, com ações de socorro e salvamento (UNISDR, 2009; Maesterson, 2014). Após, são realizadas as ações de recuperação, em que as famílias e indivíduos reparam, reconstróem ou recuperam o que foi perdido, além de adquirirem experiência para reduzir o risco de futuros eventos adversos. Deste modo, considerando as particularidades de cada fase, solicitou-se que os entrevistados respondessem o questionário duas vezes, uma para a fase de resposta e outra para a fase de recuperação.

O cálculo de vulnerabilidade foi realizado por meio da Equação 1, fazendo o somatório dos produtos entre o valor padronizado do indicador e seu respectivo peso médio, em cada dimensão, para posterior multiplicação pelo peso médio da dimensão. Esse cálculo foi realizado para cada unidade territorial em ambas as fases (resposta e recuperação), em planilhas eletrônicas. Posteriormente, os valores foram transferidos para o arquivo vetorial da mancha urbana exposta a inundação, segmentada por setor censitário, em SIG. Por fim, os mapas gerados foram reclassificados em 5 classes iguais para permitir a comparação dos resultados (Figura 4).

$$VF_k = \sum(\sum(IV_{i,j} \times PI_{i,j}) \times PD_j) \quad (1)$$

Em que:  $VF_k$  é a vulnerabilidade final do setor  $k$ ;  $IV_{i,j}$  é o valor do indicador  $i$  da dimensão  $j$ ;  $PI_{i,j}$  é o peso do indicador  $i$  da dimensão  $j$ ;  $PD_j$  é o peso da dimensão  $j$ .

Faixa de Valores	Classe de Vulnerabilidade
0-0,1999	Muito Baixa
0,2000-0,3999	Baixa
0,4000 – 0,5999	Média
0,6000 – 0,7999	Alta
0,8000 – 1	Muito Alta

Figura 4 Faixa de valores para classificação da vulnerabilidade.

#### 4 Resultados e Discussão

A Figura 5 apresenta a média dos pesos obtidos segundo os 21 especialistas entrevistados em relação aos indicadores para resposta e recuperação. De modo geral, existe pouca diferença nos pesos para as fases de resposta e recuperação. A exceção se refere aos indicadores da Dimensão Social (Figura 5B), com maior variação, principalmente no indicador Renda. Nesta dimensão, o indicador de PCD foi o que apresentou o maior peso médio na fase resposta, seguido pelos Idosos e Crianças. Já na fase de recuperação, o cenário se inverteu, com a Renda sendo o indicador mais importante.

De acordo com os especialistas, a renda não assume grande importância durante a ocorrência de uma inundação. Os outros indicadores da dimensão Social assumem importância maior, pois avaliam grupos que possuem dificuldade de locomoção ou capacidade de compreensão limitada, necessitando de ajuda específica durante o evento. Os Coordenadores de Proteção e Defesa Civil indicaram que a maior dificuldade de salvamento está relacionada aos PCD, pois o tipo de ajuda varia segundo a necessidade da pessoa.

Na dimensão Características Demográficas (Figura 5A) o maior peso atribuído foi para o indicador Número de Pessoas. Já na dimensão Saneamento e Infraestrutura (Figura 5C), o número de domicílios

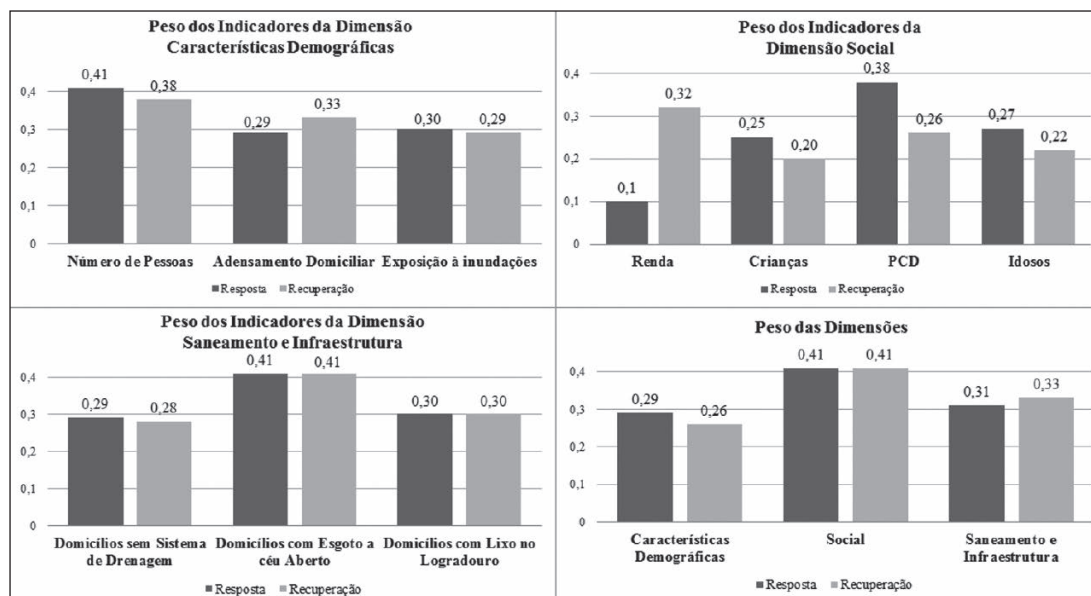


Figura 5 Média dos pesos dos indicadores e dimensões, atribuídos pelos entrevistados.

com esgoto a céu aberto foi considerado mais importante. Nessas dimensões, não foram verificadas diferenças significativas para as fases de resposta e recuperação.

Os mapas de vulnerabilidade gerados para cada dimensão são apresentados na Figura 6. Na dimensão relacionada à demografia (Figuras 6A e 6B), observa-se que a vulnerabilidade é maior nos setores mais periféricos da cidade, localizados ao norte e ao sul. A porção central é a mais consolidada e antiga, com média vulnerabilidade.

Conforme Ramos *et al.* (2016), o bairro Centro possui mais relatos sobre os danos e transtornos relacionados à inundação, ainda que apresente poucos moradores. É a área onde se concentram pontos comerciais, prédios governamentais e algumas indústrias. Cabe ressaltar que a localização da população varia durante o dia, dependendo do turno (diurno ou noturno), em função dos deslocamentos relacionados às atividades humanas como trabalho, estudo e lazer. No entanto, como o Censo do IBGE só registra o local onde as pessoas moram, o mapa gerado só capta a vulnerabilidade demográfica relacionada à noite, destacando assim as zonas periféricas.

As diferenças entre as fases de resposta e recuperação na dimensão associada à demografia (Figuras 6A e 4B) se devem principalmente devido ao peso atribuído aos indicadores de Número de Residentes (0,41) e exposição às inundações (0,30). Segundo Copola (2015) a resposta é a fase mais complexa do gerenciamento de um desastre. É realizada sob alto estresse e demanda muitos recursos para salvar vidas e reduzir lesões. Quanto maior o número de pessoas expostas, mais recursos são necessários para responder adequadamente.

Na dimensão social, as áreas mais vulneráveis correspondem também as zonas periféricas da cidade (Figuras 6C e 6D). Ao norte, destaca-se uma área com alta vulnerabilidade, devido a grande concentração de idosos, crianças e PCD. Já a área com alta vulnerabilidade no sul é explicada pela massiva presença de crianças, que correspondem a 1/3 da população daquela área.

Deve-se ressaltar que a vulnerabilidade das crianças provém de suas características fisiológicas,

sociais e do seu estágio de desenvolvimento. A dependência é um aspecto importante no que diz respeito à vulnerabilidade. Bebês e crianças pequenas dependem dos seus cuidadores em suas necessidades básicas como alimentação e abrigo (Collins, 2012).

A dimensão social apresentou diferença entre as fases apenas em uma área no norte. Isto ocorreu por que os especialistas consideraram que as crianças e os PCD necessitam de maior atenção durante a resposta a um desastre. É importante mencionar que o indicador PCD, na fase de resposta, recebeu maior peso (0,38) em relação aos demais.

Segundo Ramsbottom *et al.* (2003) indivíduos com restrições nas atividades diárias por deficiência ou doenças crônicas são vulneráveis por que podem ter dificuldade em proteger-se durante a ocorrência de um desastre. A presença de um membro da família com deficiência exerce pressão sobre a organização familiar e a recuperação das propriedades pode levar mais tempo.

Na dimensão Saneamento e Infraestrutura (Figuras 6E e 6F), a vulnerabilidade apresentou-se baixa ou muito baixa em quase toda cidade, com nenhuma diferenciação entre as fases. Ao norte, destaca-se uma área com vulnerabilidade alta devido a esgoto a céu aberto e lixo no logradouro. O mapa de vulnerabilidade final às inundações está representado na Figura 7.

A vulnerabilidade final foi estimada por meio do somatório do produto entre a vulnerabilidade de cada dimensão e seu respectivo peso. No geral, a vulnerabilidade apresentou-se baixa em torno de 56% da mancha urbana exposta à inundação na resposta e 66% na recuperação. Ao norte e no extremo sul, existem áreas de e alta vulnerabilidade corresponde a 7% para ambas as fases. Isto se deve ao peso atribuído aos indicadores relacionados à demografia e ao meio social.

A porção central apresentou muita baixa vulnerabilidade. Corresponde à área mais antiga do município, onde iniciou o processo de ocupação. Existe uma concentração de parques e prédios comerciais e públicos, com poucas unidades habitacionais.

A dimensão que contribuiu menos para a vulnerabilidade final foi o Saneamento e Infraestrutura,

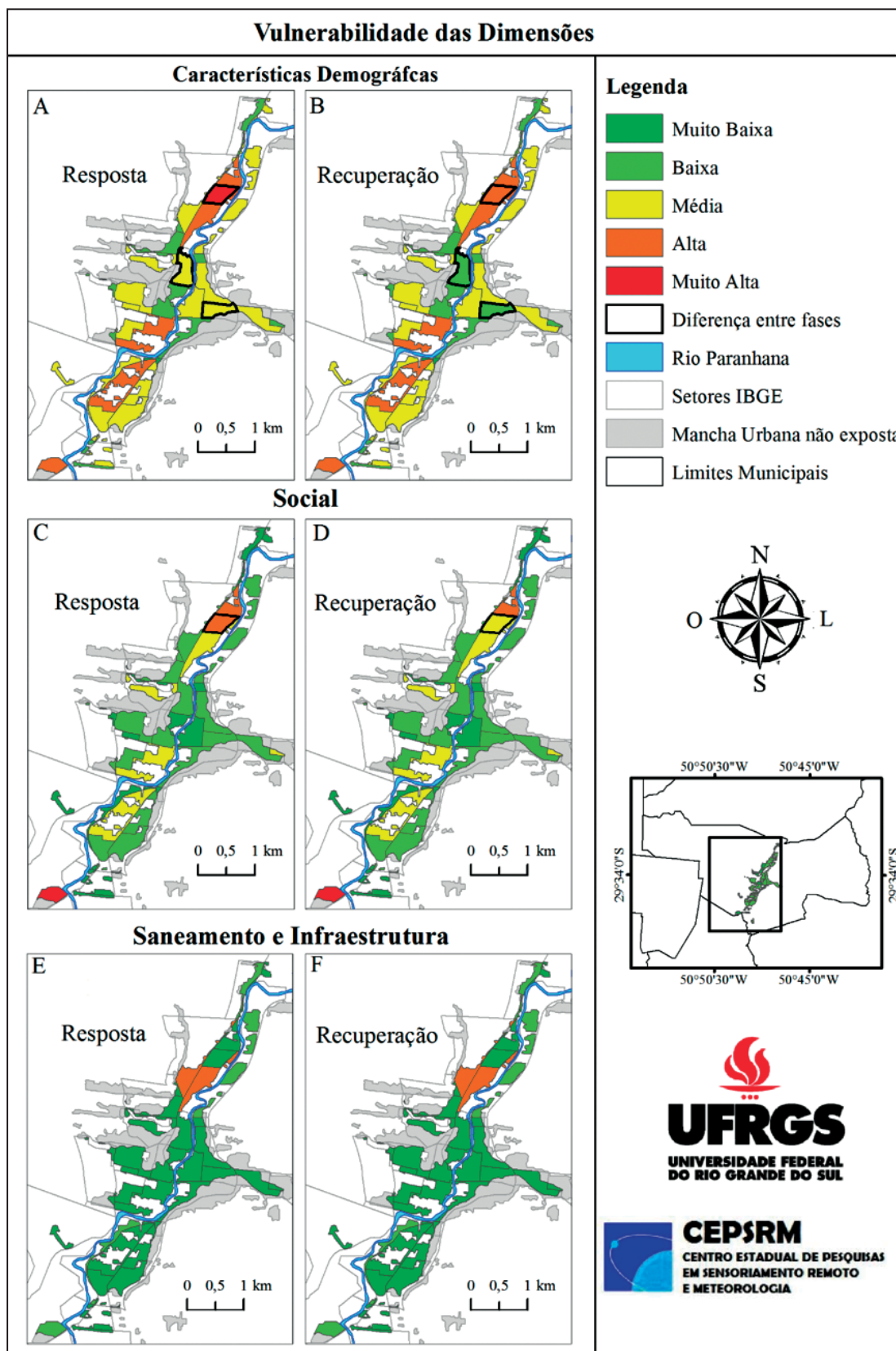


Figura 6 Mapa da vulnerabilidade em relação às dimensões Características Demográficas (A e B), Social (C e D) e Saneamento e Infraestrutura (E e F), de acordo com as fases de Resposta e Recuperação.

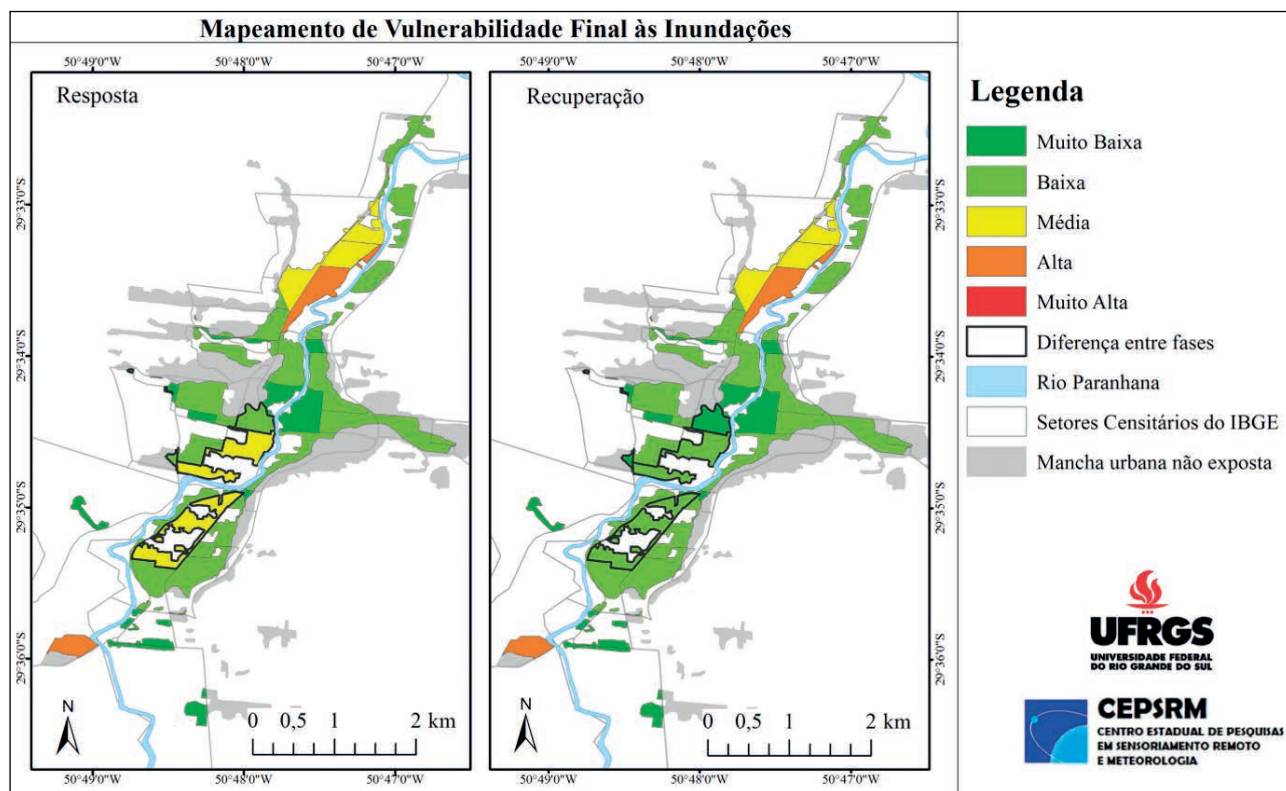


Figura 7 Vulnerabilidade final às inundações em Igrejinha, RS, Brasil.

pois o número de domicílios com os aspectos compreendidos pelos indicadores desta dimensão era pequeno. Assim, mesmo que a dimensão Saneamento e Infraestrutura possua um peso intermediário em relação à demografia e ao meio social, seus indicadores acabaram não sendo tão representativos para a vulnerabilidade final.

Como mostra o mapa de vulnerabilidade final, existe diferença entre as fases de resposta e de recuperação na porção sul do município, em função da redução do peso da dimensão demográfica na fase de recuperação, de 0,29 para 0,26.

Pode-se confirmar neste estudo que a utilização de dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010 para a estimativa da vulnerabilidade é uma alternativa interessante, no sentido de que existe uma metodologia clara e consistente para sua coleta, além de acelerar o processo de elaboração dos produtos cartográficos. Como o Censo é aplicado em todo o Brasil, isso possibilita a replicação desta metodologia em outros municípios. Além disso, os mapas podem ser facilmente atualizados a partir do momento que novas informações se tornam disponíveis.

No entanto, cabe ressaltar que os dados do Censo não contêm variáveis específicas para o mapeamento de vulnerabilidade a inundações. Dados relativos aos aspectos construtivos, localização dos serviços públicos, capacidade de resposta institucional, entre outros (CEPED-RS/UFRGS, 2016), também são importantes para avaliar a natureza multifacetada da vulnerabilidade da população às inundações. Assim, essas variáveis devem ser consideradas sempre que disponíveis.

Optou-se por utilizar não somente as variáveis do IBGE devido a disponibilidade de dados, visto que o município foi área de estudo em outras pesquisas relacionadas ao tema (OLIVEIRA *et al.*, 2013; BRESSANI, 2014; CEPED-RS/UFRGS, 2016b; GUASSELLI *et al.*, 2016). Desta forma, houve a necessidade de reescalonamento dos dados para compatibilizar com a escala utilizada pelo IBGE. Como exemplo, podemos citar os PCD e também a mancha de inundação com tempo de retorno de 50 anos.

Uma das vantagens da metodologia adotada é a possibilidade de utilização de diferentes dados para



compor novos indicadores, dependendo somente da compatibilização com a escala de setor censitário. Neste aspecto, há um avanço na presente pesquisa, pois a maioria das metodologias utilizadas faz uso somente dos dados do IBGE, o que pode limitar a análise, uma vez que a exposição às inundações não é verificada no Censo Demográfico.

Além disso, a utilização do método dasimétrico tornou a espacialização na vulnerabilidade mais realista, pois considerou-se somente a área habitada exposta a inundação.

A distribuição da mancha urbana e a sua interação com a mancha de inundação foram aspectos levados em consideração na dimensão Características Demográficas, no indicador de exposição às inundações. É importante ressaltar o conceito de vulnerabilidade adotado por esta pesquisa, que considera vulnerável o indivíduo ou grupo exposto a um perigo específico (Wisner *et al.*, 2003). Desta forma, a avaliação da vulnerabilidade foi realizada sobre as áreas com ocupação suscetíveis ao processo.

A utilização do método AHP foi bastante eficaz na definição dos pesos dos indicadores. Assim como Brito & Evers (2016) concluíram em sua pesquisa, o método AHP mostrou-se como uma importante ferramenta no processo decisório, pois considera diferentes pontos de vista, dentro de um objetivo em comum. É uma técnica flexível, sendo aplicada em diversos trabalhos.

Contudo, o processo de aplicação dos questionários mostrou-se oneroso, principalmente com pesquisadores ou especialistas que não conhecem o método. Dificuldades surgiram durante a etapa final, que foi a determinação do grau de consistência da matriz AHP. Os julgamentos tiveram que ser repensados algumas vezes por alguns dos entrevistados.

Em função da inexistência de critérios objetivos em nível nacional, optou-se neste estudo pela aplicação de uma escala de 0 a 1, para cada indicador de vulnerabilidade, em relação aos valores mínimos e máximos observados na área de estudo. Isso faz com que o mapa final apresentado reflita uma vulnerabilidade relativa, identificando as áreas de maior vulnerabilidade, mesmo que a situação não seja precária, quando confrontada a outro local do país.

Como exemplo, podemos citar o indicador de domicílios com lixo no logradouro. Dos 76 setores censitários utilizados, apenas oito possuíam lixo acumulado. O setor com a maior vulnerabilidade neste indicador possuía 25 domicílios com estas características (<15% do total). Desta forma, a situação deste setor não é extremamente vulnerável, mas é a pior situação existente dentro do universo de dados.

Analisando por outro viés, esta limitação metodológica torna-se um fator positivo. Se analisarmos a pesquisa feita por CEPED-RS/UFRGS (2016b), observamos que existem padrões estabelecidos para baixa, média e alta vulnerabilidade. Dessa maneira, a pesquisa supracitada desconsidera o fato de que cada município possui uma realidade diferente da outra, estabelecendo um padrão do que é mais ou menos vulnerável. Não analisa dentro do contexto do município os locais que necessitam de atenção, pois considera apenas as três faixas específicas, que podem não ser aplicadas para identificar as zonas com menor capacidade de resposta aos desastres.

## 5 Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo principal propor uma metodologia, baseada na utilização de SIG, para mapeamento de vulnerabilidade à inundação, a partir da integração de dados censitários e de outras fontes, utilizando como estudo de caso, o município de Igrejinha, RS.

Pode-se concluir com esta pesquisa que as áreas de maior vulnerabilidade se encontram nas zonas periféricas do município, localizadas ao norte e ao sul. São áreas que possuem grande concentração de população, com destaque para a presença em maior percentual de crianças, idosos e PCD.

A técnica dasimétrica, utilizada na elaboração dos mapas de vulnerabilidade, se mostrou eficaz para localizar a população residente dentro de um setor. O método binário, entre os demais é de aplicação simples, no entanto não se consegue observar variações de densidade na mancha urbana. Também não possibilita diferenciar os usos das edificações, o que pode gerar distorções dependendo do que se está sendo

avaliado. A área urbana é heterogênea e a apresenta edificações de uso como residencial e comercial. O método binário não possibilita essa discriminar isto.

A aplicação dos questionários AHP consistiu em uma das etapas mais onerosas da metodologia proposta, levando-se em consideração que os pesos foram atribuídos para fases diferentes do gerenciamento de um desastre: resposta e recuperação. Ainda que os especialistas consultados não tenham demonstrado um consenso em relação à diferenciação da importância dos indicadores entre as fases, considerou-se os resultados satisfatórios, pois o julgamento foi obtido de forma mais participativa e transparente, levando em consideração a opinião de especialistas em diferentes segmentos da gestão de risco e do gerenciamento de desastres.

O SIG foi fundamental para o processo de integração das informações necessárias para representar graficamente a vulnerabilidade na área estudada, pois permitiu a exposição dos resultados de maneira rápida e eficiente. Além disso, a espacialização dos indicadores e dimensões ajudaram a entender como os indicadores se inter-relacionam para composição da vulnerabilidade final.

É importante destacar o potencial inovador deste artigo, pois não existem outros trabalhos que se propuseram avaliar a vulnerabilidade nas fases de gerenciamento de um desastre.

Os dados do IBGE foram fundamentais na construção dos indicadores. No entanto, destaca-se a necessidade de outras informações para aprimorar a avaliação da vulnerabilidade. Fatores como capacidade de resposta, aspectos construtivos das edificações, localização dos serviços públicos, entre outros, são também importantes para avaliar a vulnerabilidade, o que poderia ser incorporado em pesquisas futuras.

## 6 Referências

- BRASIL. 1990. Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF (134): 15. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1990/lei-8069-13-julho-1990-372211-publicacaooriginal-1-pl.html>> Acesso em: 25/06/2018.
- BRASIL. 2007. Decreto Federal nº 6.135 de 26 de junho 2007. Dispõe sobre o Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, (122):3. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2007/decreto-6135-26-junho-2007-555845-publicacaooriginal-75331-pe.html>>. Acesso em: 15/01/2018.
- BRASIL. 2016. Instrução Normativa Nº 2 de 20 de dezembro de 2016. Estabelece procedimentos e critérios para decretação de estado de emergência ou estado de calamidade pública. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF, (245):60. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Portaria+MI+2+-+2017+-+pdf/cccc0e2e-48ab-4913-abdb-0dc2bf2547a1>>. Acesso em 25/06/2018.
- Bressani, L.A. 2014. *Elaboração de Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais no Município de Igrejinha, RS: Relatório Final*. Porto Alegre, UFRGS/CEPED-RS. 41 p.
- Brito, M.M. & Evers, M. 2016. Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. *Natural Hazard and Earth System Sciences*. (16):1019-1033.
- Brubacher, J.P.; Oliveira, G.G. & Guasselli, L.A. 2012. Identificação e Análise de Eventos Extremos de Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 1, Curitiba, 2012. *Anais*, Curitiba, UNESP, p. 1-10.
- Buzai, G.D. 2014. *Mapas Sociales urbanos*. Buenos Aires, Lugar Editorial. 290p.
- CEPED-RS/UFRGS. 2016a. *Capacitação em Gestão de Riscos*. 2. ed. Porto Alegre, UFRGS. 271p.
- CEPED-RS/UFRGS. 2016 b. *Mapeamento de Vulnerabilidade à Áreas Suscetíveis à Inundações e Deslizamento em 8 Municípios do Rio Grande do Sul – Igrejinha*. Porto Alegre, UFRGS. 200p.
- Collins, T.W. 2013. Mapping vulnerability to climate change-related hazards: children at risk in a US–Mexico border metropolis. *Population and Environment*, 34(3): 313-337.
- COPOLLA, D. 2015. *Introduction to International Disaster Management*. Oxford, Elsevier. 742p.
- Edwards, J. Gustafsson, M. & Landenmark, B.N. 2007. *Handbook for Vulnerability Mappin*. Karlstad, SRSA. 18p.
- Eicher, C.L.; Brewer, C.A. 2001. Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(2): 125-138.
- Goerl, R.F.; Kobiyama, M. & Pellerin, J.R.G.M. 2012. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho-SC. *Boletim de Geografia*, 30(1): 81-100.
- Guasselli, L.A.; Oliveira, G.G.; Quevedo, R.P. & Brubacher, J.P. 2016. Modelagem Hidrológica e Espacialização de Áreas Suscetíveis às Inundações no Município de Igrejinha, RS. *Geo Uerj*, 28: 353-380.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. *IBGE Cidades – Igrejinha*. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/igrejinha/panorama>>. Acesso em 15/11/2017.
- Masterson, J.H.; Peacock, G.W.; Zandt, V.S.S.; Grover, H.; Schawarz, L.F. & Cooper Jr, J.T. 2014. *Planning for*

- Community Resilience: A Handbook for Reducing Vulnerability to Disasters*. Washington, Island Press/Center for Resource Economics. 255p.
- MP – Ministério do Planejamento. 2012. *Lançado Plano Nacional para prevenção de desastres naturais*. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/noticia/c1619715>> Acesso em: 15/01/2016.
- Oliveira, G.G.; Quevedo, R.P.; Guasselli, L.A. & Menezes, P.H.N. 2013. Expansão urbana nas áreas inundáveis do rio Paranhana no município de Igrejinha/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, Foz do Iguaçu, 2013. *Resumos expandidos*, São José dos Campos, INPE, p. 920-927.
- Oliveira, H.T.; Silva, J.E.; Santos, M.O.; Oliveira, S.S. & Galvêncio, J.D. 2015. Evolução espaço-temporal da drenagem superficial e do processo de impermeabilização em Santo Amaro, Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(6): 1571-1587.
- Ramos, P.A.S.; Reis, M.S. & Andrades Filho, C.O. 2016. Levantamento e Análise das Ocorrências de Inundação e Enxurrada no Município de Igrejinha – RS entre 1982 e 2015. In: SALÃO INTEGRADO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 6, Bagé, 2016. *Resumos expandidos*, Bagé, UERGS.
- Ramsbottom D.; Floyd, P. & Penning-Rowsell, E. 2003. *Flood risks to people. Phase 1*. London, Defra Flood Management Division. 123p.
- Rossato, M.S. 2011. *Os Climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, Tendências e Tipologia*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 253p.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York, McGraw-Hill. 287p.
- Schumann, L.A. & Moura, L.B.A. 2015. Índices Sintéticos De Vulnerabilidade: Uma Revisão Integrativa De Literatura. *Ciência & Saúde Coletiva*, 20(7): 2105-2120.
- Silva, L. de L.E. 2014. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS): Contrucción y Aplicación en Porto Alegre, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 6(6): 242-256.
- Silveira, L.P. & Kawakubo, F.S. 2013. Mapa Dasimétrico da Densidade Demográfica de Poços de Caldas (MG) Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, Foz do Iguaçu, 2013. *Resumos expandidos*, São José dos Campos, INPE, p. 999-1005.
- UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. 2009. *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Genebra, ONU. 35p.
- Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T. & Davis, I. 2003. *At Risk – Natural Hazards, Peoples's Vulnerability and Disasters*. London, Routledge. 496p.