



MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE A DESASTRES HIDROLÓGICOS NOS MUNICÍPIOS DE ALTO FELIZ E SÃO VENDELINO/RS COMO FORMA DE CONTRIBUIÇÃO À ENGENHARIA DE SEDIMENTOS

Janete Teresinha Reis¹; Jones Souza da Silva²; Gean Paulo Michel³; Masato Kobiyama⁴

RESUMO --- No Brasil, a ocorrência de desastres naturais vem se intensificando nos últimos anos. As chuvas intensas, aliadas à alta declividade e à ocupação humana de locais inadequados, facilitam a ocorrência de movimentos de massa, tornando as pessoas que residem nessas áreas mais propensas a sofrerem com os desastres naturais. Embora as inundações sejam mais frequentes, os escorregamentos geram maior número de vítimas fatais. Além disso, um grande aporte de sedimentos aos corpos hídricos pode ser causado por escorregamentos e fluxos de detritos. Nesse contexto, o presente estudo prevê o mapeamento da vulnerabilidade a desastres hidrológicos (inundações e escorregamentos) na serra gaúcha, nos municípios de Alto Feliz e São Vendelino, através de uma metodologia desenvolvida para um município catarinense. Essa metodologia foi aplicada de forma separada e integrada para os dois municípios. Os resultados demonstraram que a metodologia gera resultados distintos, dependendo da unidade de análise. Na análise feita de forma separada, as áreas mais vulneráveis se concentraram na zona urbana. Ao integrar os municípios, a mais alta vulnerabilidade ocorreu somente no município de São Vendelino. De maneira geral, o mapeamento de vulnerabilidade é importante na gestão de risco, pois auxilia gestores públicos na tomada de decisões frente aos desastres naturais.

ABSTRACT --- In Brazil, the occurrence of natural disasters has been increasing in recent years. Heavy rains, combined with steep slopes and human occupation of unsuitable locations, facilitate the occurrence of mass movements, making people who live in these areas more prone to suffer from natural disasters. While floods are more frequent, and also cause social, economic and environmental damages, landslides generate the highest number of fatalities. Furthermore, a large amount of sediments to water bodies may be caused by landslides and debris flow. In this context, the present study provides vulnerability mapping to hydrological disasters (floods and landslides) in the mountainous region of Rio Grande do Sul, in the cities of Alto Feliz and São Vendelino, through a methodology developed for a municipality of Santa Catarina. This methodology was applied separately and integrated for the two municipalities. The results showed that the methodology produces different results, depending on the analysis unit. In the separate analysis, the most vulnerable areas concentrated in the urban area. By integrating the municipalities, the highest vulnerability occurred only in São Vendelino. In general, vulnerability mapping is important in risk management, as it assists public managers in decision making to natural disasters.

Palavras-chave: mapeamento, vulnerabilidade, desastres naturais.

¹ Pós-doutoranda - Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Porto Alegre/RS. E-mail: reis.janete@gmail.com

² Doutorando - Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Porto Alegre/RS. E-mail: joneswsilva@gmail.com

³ Doutorando - Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Porto Alegre/RS. E-mail: geanpmichel@gmail.com

⁴ Prof. Dr. - Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9.500 - Porto Alegre/RS. E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul vem enfrentando graves problemas decorrentes dos desastres naturais, tais como estiagens, vendavais, granizo, inundações, escorregamentos e fluxos de detritos. Nesse Estado, os escorregamentos e fluxos de detritos são mais frequentes na região serrana, tornando-se, cada vez mais, objeto de estudo para a redução de desastres naturais e avaliação da produção de sedimentos.

Kobiyama *et al.* (2010) e Michel *et al.* (2012) comentaram sobre a relevância que os fenômenos causadores de desastres podem ter na produção e transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica. De maneira mútua, a Engenharia de Sedimentos cumpre papel essencial na tentativa de minimizar o impacto de alguns dos desastres hidrológicos (escorregamento e fluxo de detritos), principalmente através da aplicação de medidas estruturais, como as barragens para sedimentos. Entretanto, segundo Kobiyama *et al.* (2012), para o gerenciamento desses desastres, a fim de reduzi-los, é necessário que medidas não estruturais, que envolvem essencialmente ações voltadas à redução da vulnerabilidade da população, sejam implementadas juntamente às estruturais. Assim, a realização do mapeamento da vulnerabilidade, uma importante medida não estrutural, pode orientar um conjunto de ações a serem tomadas a fim de minimizar o risco a desastres hidrológicos.

Embora as discussões sobre perigo, vulnerabilidade e as variáveis a eles associados tenham evoluído, existem desafios a serem desvendados quanto ao mapeamento de risco, principalmente no que se refere ao mapeamento da vulnerabilidade.

Segundo *Centro Regional de Información sobre Desastres - CRID* (2001), a vulnerabilidade consiste no grau de susceptibilidade a que está exposta uma população a sofrer danos na ocorrência de um desastre natural. Goerl *et al.* (2012) utilizaram a mesma definição em seu trabalho e analisaram vários conceitos sobre vulnerabilidade baseados em Weichselgartner (2001) e Musser (2002). Além disso, propuseram um método para mapeamento de áreas de risco à inundação válido para um município catarinense, elegendo algumas variáveis para definição da vulnerabilidade (Goerl *et al.*, 2012).

O conceito de vulnerabilidade pode ser utilizado, entre outros, para descrever a exposição ao risco e a gestão de risco, incluindo a prevenção de choques e a diversificação de ativos e fontes de receita (PNUD, 2014). De acordo com Barroca *et al.* (2006), existem várias definições de vulnerabilidade explicando aspectos específicos que dependem do tipo de estudo, da análise realizada e resultado obtido, do tipo de perigo, assim como, da escala temporal e espacial, além das especificidades do local estudado. No relatório de desenvolvimento humano (PNUD, 2014), consta que uma das maiores causas de vulnerabilidade é a desigualdade, a qual pode causar instabilidade

em um sistema, nas suas várias dimensões (renda, faixa etária, educação, densidade demográfica, etc.).

Visto que atualmente existe um aumento no número de desastres, os governos demandam metodologias mais eficazes para prevenir a ocorrência dos mesmos. A utilização de mapeamentos como subsídio para a gestão de risco pode otimizar os resultados. O mapeamento da vulnerabilidade para a gestão de risco requer o entendimento dos conceitos básicos de risco, vulnerabilidade e perigo. A falta de consenso tem contribuído na elaboração de mapas técnicos de forma equivocada. Muitas vezes, mapas de perigo são elaborados ao invés de mapas de risco. Cabe ressaltar que o mapeamento de risco consiste na integração dos mapas de vulnerabilidade e de perigo.

De acordo com Reis *et al.* (2012), os desastres naturais mais frequentes no estado do Rio Grande do Sul, no período de 2007 a 2011, foram as inundações com um total de 588 ocorrências. Porém, os escorregamentos, associados às chuvas intensas, geralmente causam maior número de vítimas. Portanto, no presente estudo, elegeu-se como área piloto os municípios de Alto Feliz e São Vendelino, localizados na região serrana no Rio Grande do Sul, em virtude da ocorrência dos desastres hidrológicos nesses locais.

O mapeamento das áreas vulneráveis é um importante instrumento que complementa a análise de risco. Assim, o objetivo do presente estudo consiste no mapeamento da vulnerabilidade a desastres hidrológicos nos municípios de Alto Feliz e São Vendelino. A partir desse mapeamento, os gestores públicos poderão tomar medidas estruturais e não estruturais preventivas, como a implantação de obras de engenharia e planejamento do uso da terra, no intuito de evitar ou minimizar os danos decorrentes desses desastres.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na porção leste do Rio Grande do Sul, mais precisamente nos municípios de Alto Feliz e São Vendelino (Figura 1) e compreende parte da bacia do arroio Forromeco, que é cabeceira da bacia hidrográfica do Rio Caí. Estudos nessa área são importantes, devido à ocorrência de escorregamentos, predominantemente nos trechos alto e médio Caí, segundo Comitê Caí, (2008) e, de inundações que ocorrem com frequência no trecho baixo Caí de acordo com Pedrollo *et al.* (2011).

Alto Feliz possui uma população total de 2.917 habitantes, dos quais 816 residem na zona urbana e 2.101 na área rural (IBGE, 2010). Apresenta maior densidade demográfica na zona urbana (setores censitários 1 e 6 da Figura 1). Sua economia está baseada na indústria moveleira, calçadista e têxtil. Na pecuária destaca-se a criação de aves, suínos e gado, e, na agricultura, a produção de

mudas de uvas, caquis e kiwis, bem como a produção de hortaliças (Prefeitura Municipal de Alto Feliz, 2014).

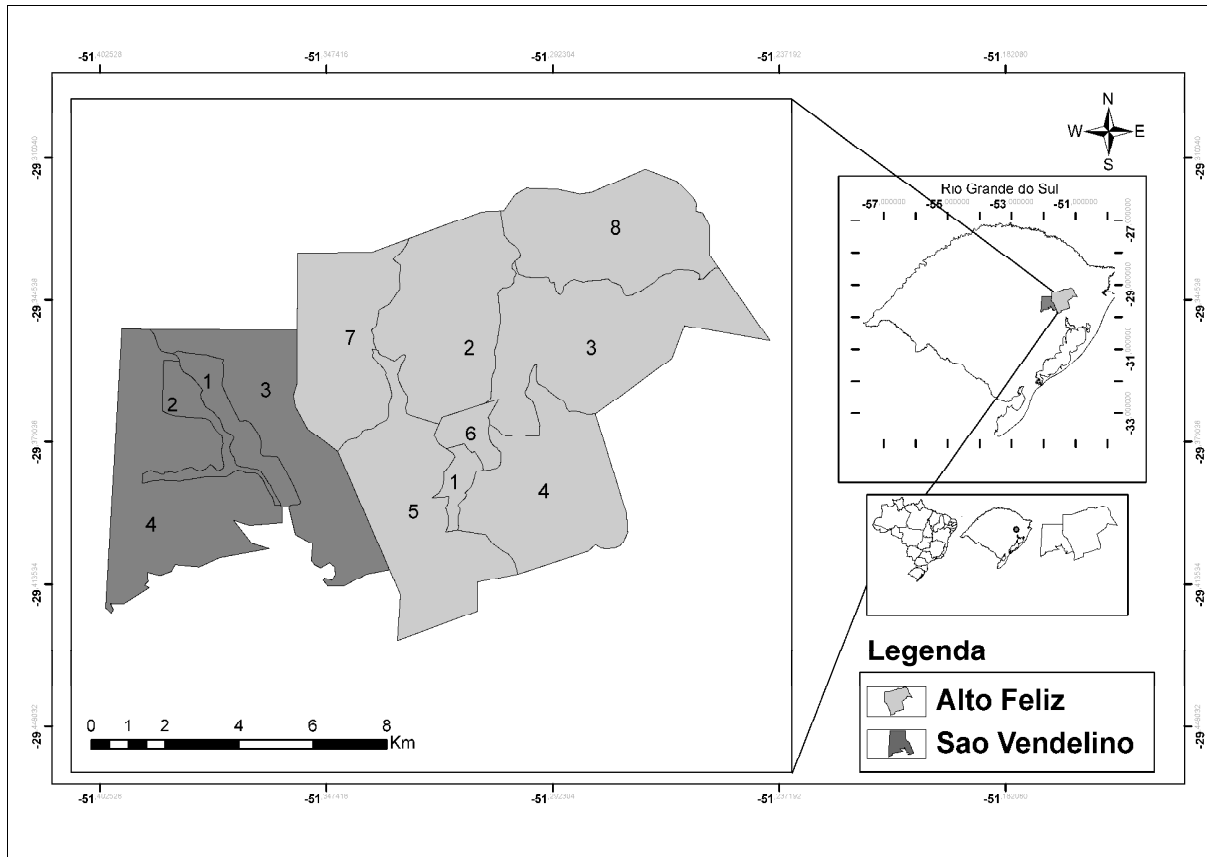


Figura 1: Localização dos municípios de Alto Feliz e São Venelino, RS.

O município de São Vendelino possui uma população total de 1.994 habitantes, sendo que 1.353 residem na zona urbana e 591 na zona rural (IBGE, 2010). A maior densidade demográfica também é registrada na zona urbana (setores 1 e 2 da Figura 1). Sua economia se baseia no setor agrícola e industrial de pequeno porte. Na indústria, destaca-se o ramo calçadista, moveleiro e metalúrgico; na agricultura, a produção de milho, feijão, mandioca, trigo, batata e alfafa, com o predomínio do minifúndio (Brasil Channel, 2014).

2.2 Análise da vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi estimada a partir de dados Socioeconômicos coletados no Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). As oito variáveis Censitárias selecionadas, para determinar o índice de vulnerabilidade, foram agrupadas em seis variáveis, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade.

Variáveis censitárias	Variáveis de vulnerabilidade
Número de moradores por setor	Número de moradores no setor
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio
Densidade demográfica (hab/km ²)	Densidade Demográfica
Percentual da população acima de 60 anos	Soma da porcentagem da população acima de 60 e abaixo de 14 anos
Percentual da população abaixo de 14 anos	
Percentual de pessoas analfabetas acima de 12 anos	Percentual de pessoas analfabetas acima de 12 anos
Percentual de responsáveis sem rendimento	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento de até 1 Salário Mínimo
Percentual de responsáveis com rendimento até 1 Salário Mínimo	

Adaptado de Goerl *et al.* (2012)

As variáveis selecionadas foram as mesmas utilizadas por Goerl *et al.* (2012). Porém, o diferencial dos parâmetros consiste na idade definida para determinação da população dependente. Enquanto Goerl *et al.* (2012) adotaram as idades superior a 65 e inferior a 12 anos, aqui elegeram-se as idades superiores a 60 e inferiores a 14 anos, em virtude da disponibilidade de dados junto ao IBGE.

Como unidade de análise, o IBGE identifica e analisa os dados a partir das unidades censitárias, caracterizada como a menor unidade territorial com limites físicos identificáveis a campo. A investigação realizada pelo IBGE (2010), referente às características dos domicílios e das pessoas neles residentes, teve como data de referência o dia 31 de julho de 2010, de acordo com os seguintes critérios:

◆ Pessoa alfabetizada: aquela pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhece. A pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas que esqueceu pelo fato de ter passado por um processo de alfabetização que não se consolidou, e a que apenas assina o próprio nome, foi considerada analfabeta;

◆ Pessoa responsável: para a pessoa (homem ou a mulher) de 10 anos ou mais de idade, reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar;

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

♦ Dependência: nesse quesito adotou-se como limite 14 e 60 anos. Os 14 anos porque o Estatuto da Criança e do Adolescente, Lei 8.069/90, proíbe o trabalho para menores de 14 anos, salvo na condição de aprendiz. São pessoas vulneráveis o homem ou a mulher que ainda não completou quatorze (14) anos de idade. Considerou-se 60 anos porque segundo o estatuto do idoso, lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003, em seu art. 1º, considera-se como idoso a pessoa com idade igual ou superior a 60 anos. Esse estatuto tem como propósito tutelar de forma específica os direitos do idoso, estabelecendo direitos e medidas de proteção dessa categoria.

A partir desses quesitos, foram determinadas 6 variáveis que constituíram o Índice de Vulnerabilidade (IV):

$$IV = \frac{Dd + Ms + Mm + PD + PA + R}{IDHM} \quad (1)$$

onde *IV* é o índice de vulnerabilidade; *Dd* é a densidade demográfica; *Ms* é o número de moradores no setor; *Mm* é a média de moradores por residência; *PD* é o percentual de dependência de idosos e jovens; *PA* é o percentual de analfabetos acima de 12 anos; *R* é a renda do responsável sem rendimento e até 1 salário mínimo e *IDHM* é o índice de desenvolvimento humano municipal.

O *IDHM* (2014) é obtido pela média aritmética de três sub-índices: *IDHM* longevidade, *IDHM* educação e *IDHM* renda. Esse índice é único para cada município e é estimado pela Organização das Nações Unidas (ONU) através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Com base ao afirmado e nos conceitos expostos neste trabalho, considera-se que a vulnerabilidade é inversamente proporcional a capacidade de suporte/resposta ou de preparo do município. O *IDHM* de Alto Feliz e São Vendelino foi utilizado como indicador dessa capacidade. Esse índice é de 0,734 para o município de Alto Feliz e 0,754 para São Vendelino (PNUD, 2014).

O *IDHM* é dividido em cinco classes: de 0 a 0,499 (Muito baixo desenvolvimento), 0,5 a 0,599 (Baixo desenvolvimento); 0,6 a 0,699 (Médio desenvolvimento); 0,7 a 0,799 (Alto desenvolvimento) e 0,8 a 1,00 (Muito Alto desenvolvimento). Dessa forma, Alto Feliz com 0,734 e São Vendelino com 0,754 demonstram que têm alto desenvolvimento.

Para normalizar as unidades, todas as variáveis foram escalonadas de 0 a 1, sendo 0 o valor mínimo de cada variável e 1 o valor máximo. Posteriormente, aplicou-se a equação do índice de vulnerabilidade e novamente realizou-se a normalização para definir a vulnerabilidade final. Assim, o índice de vulnerabilidade foi agrupado em cinco classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta para Alto Feliz e baixa, média, alta e muito alta para São Vendelino. A classe muito baixa para São Vendelino foi excluída, pois esse município possui somente 4 unidades censitárias.

Os índices de vulnerabilidade, resultantes das variáveis, foram definidos através do método estatístico *Natural Breaks* nas classes acima mencionadas. Esse método consiste em “*minimizar a variância dentro de cada classe pelo método estatístico, fornecendo categorias que apresentam valores mais homogêneos possíveis dentro das classes*” (Souza *et al.*, 2006).

O presente método difere do Desvio Quartílico, adotado por Goerl *et al.* (2012). A normalização, que varia de 0 a 1, foi calculada a partir da Equação 2 proposta por Marcelino *et al.* (2006), que consiste:

$$V_n = \frac{V_o - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (2)$$

onde V_n é o valor normalizado; V_o é o valor observado; V_{\min} é o valor mínimo e V_{\max} é o valor máximo.

Como resultado, foram obtidos os mapas de vulnerabilidade de Alto Feliz e São Vendelino, de forma separada e de forma integrada, por meio da aplicação da Equação 1, seguida da normalização adotando-se a Equação 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados do censo do IBGE (2010), selecionaram-se as variáveis que agrupadas em seis resultaram no índice de vulnerabilidade. Essas variáveis são consideradas importantes por comporem os principais níveis de vulnerabilidade, a saber: educação, economia e demografia do município.

Nas Figuras 2 e 3, estão representadas as variáveis utilizadas para determinação da vulnerabilidade nos municípios de Alto Feliz e São Vendelino. Essa distribuição espacial permitiu identificar as áreas mais representativas de cada parâmetro selecionado. Desse modo, na Figura 2a constatou-se que a unidade censitária 5, localizada ao sul, foi a mais representativa, com maior registro populacional. Por outro lado, o setor 7, a oeste, foi identificado como de menor ocorrência populacional, apresentando um total de 160 habitantes. Referindo-se a mesma variável, no município de São Vendelino (Figura 3a), a porção central foi a mais representativa, totalizando 787 moradores, e o setor periférico, a leste, o menos representativo, com 280 moradores no setor 3.

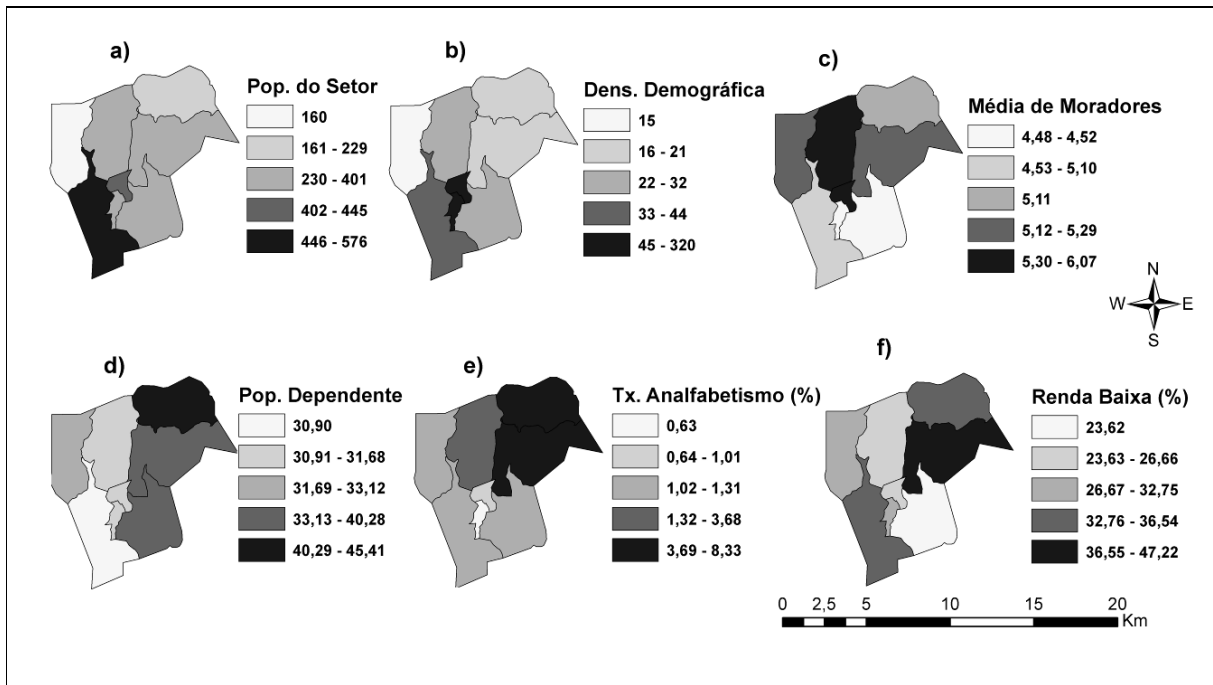


Figura 2: Parâmetros de identificação do índice de vulnerabilidade em Alto Feliz: a) População total por setor; b) Densidade demográfica (habitantes/km²); c) Média de moradores por residência; d) Percentual da população dependente; e) Taxa de analfabetismo; f) Percentual da população com renda baixa.

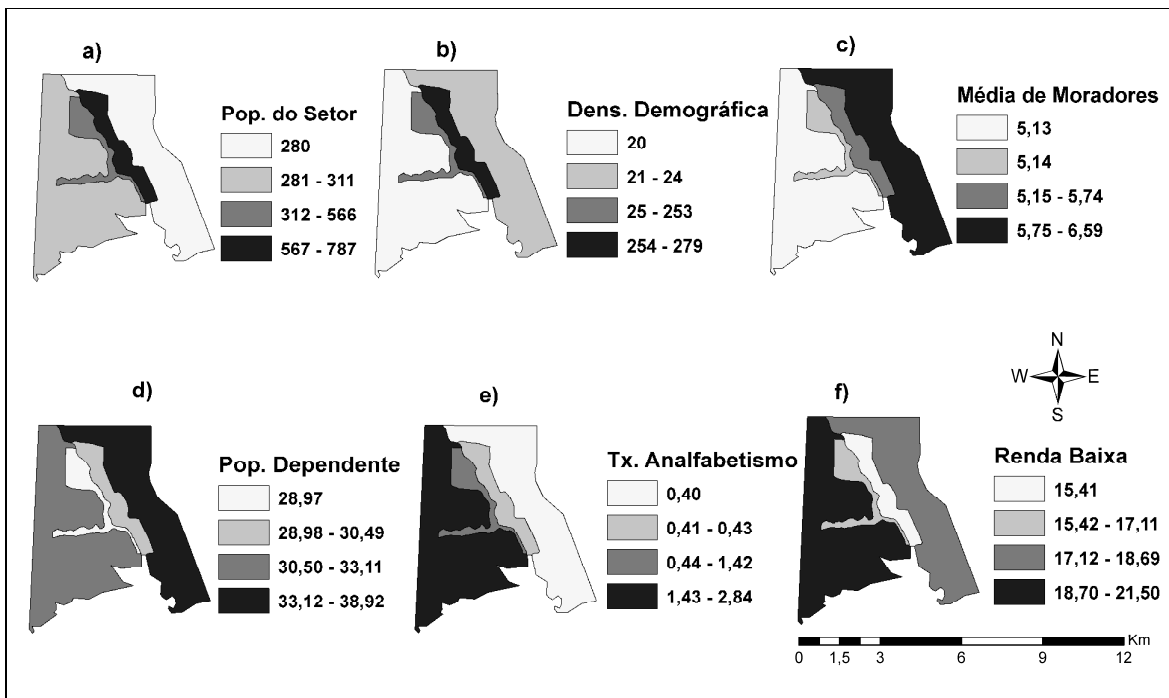


Figura 3: Parâmetros de identificação do índice de vulnerabilidade no município de São Vendelino: a) População total por setor; b) Densidade demográfica (habitantes/km²); c) Média de moradores por residência; d) Percentual da população dependente; e) Taxa de analfabetismo; f) Percentual da população com renda baixa.

Portanto, é de comum acordo que a densidade habitacional é mais representativa na zona urbana. Sendo assim, os setores centrais (1 e 6 da Figura 2b, assim como 1 e 2 da Figura 3b) identificados pela zona urbana dos municípios de Alto Feliz e São Vendelino, ocupam maior número de habitantes por quilometro quadrado, tornando-os mais representativos para determinação o índice de vulnerabilidade. Em relação à média de moradores por unidade censitária (Figura 2c), parte da porção central e norte de Alto Feliz ocupa a maior média, assim como a menor representatividade se situa na porção central e sudeste. No trabalho de Goerl *et al.* (2012), a porção central apresenta a menor média de moradores por residência e os periféricos a média mais alta. Diferenciando-se do presente trabalho, uma vez que a média de moradores, de maior e menor representatividade se localiza na porção central. Enquanto que no município de São Vendelino, a média mais alta e a média mais baixa de moradores ocorrem em setores periféricos (Figura 3c).

Na população dependente (Figura 2d), o setor 8, na periferia do município, é o mais representativo em Alto Feliz. Em São Vendelino, a população que apresenta maior dependência localiza-se no setor 3 (Figura 3d). A distribuição espacial da taxa de analfabetismo (Figura 2e) se concentra em dois setores diferenciais: o central, com as menores taxas, e o Nordeste, com as maiores taxas de analfabetismo em Alto Feliz. Assim, a taxa de analfabetismo em Alto feliz superou 8%. Já, no município de São Vendelino, esse percentual é muito inferior, não ultrapassando 2,84% (Tabela 2) no setor 3. Esse município é um dos mais alfabetizados do Brasil (Brasil Channel, 2014).

Tabela 2: Valores das variáveis no município de Alto Feliz e São Vendelino por setor censitário.

Variáveis	Alto Feliz - RS		São Vendelino - RS	
	Valor mais representativo	Valor menos representativo	Valor mais representativo	Valor menos representativo
Pop. do setor	576	160	778	280
Dens. demográfica	320	15	27,9	20
Média de moradores	6,07	4,48	6,59	5,13
Pop. dependente (%)	45,41	30,90	38,92	28,97
Tx. analfabetos (%)	8,33	0,63	2,84	0,4
Renda baixa (%)	47,22	23,62	21,50	15,41

Da população com renda baixa (Figura 2f) no município de Alto Feliz o setor periférico é o mais representativo, assim como no município de São Vendelino (Figura 3f). Porém, os valores de representatividade, entre ambos os municípios, são muito dispares. Enquanto que o setor 3 do município de Alto Feliz apresenta um percentual de 47,22, o município de São Vendelino, em seu setor 4, possui um percentual de 21,50 (Tabela 2). Constata-se, porém, que o município de São

Vendelino possui população mais alfabetizada, menor população de baixa renda, maior número e média de moradores por setor e setores com menos população dependente do que Alto Feliz.

Assim, como identificado no trabalho de Goerl *et al.* (2012), constatou-se uma relação direta entre algumas variáveis analisadas, pois a distribuição espacial de maior representatividade se concentra em duas unidades diferenciais, central e periférica. Embora apresente uma heterogeneidade na distribuição espacial dos parâmetros, constatou-se uma correlação entre as seguintes variáveis: população dependente, taxa de analfabetismo e população de baixa renda. Porém, acrescenta-se que a variável população dependente foi mais representativa no setor 8 (Figura 2d) e no setor 3 (Figura 3d) nos municípios de Alto feliz e São Vendelino, respectivamente. A taxa de analfabetismo foi mais significativa nos setores 3 e 8 de Alto Feliz (Figura 2e), e no setor 4 do município de São Vendelino (Figura 3e).

Ao confirmar a relação direta de algumas variáveis, a sobreposição alternada foi uma alternativa encontrada para verificar a possibilidade de reduzir o número de variáveis ou melhorar os resultados na identificação das áreas mais vulneráveis por unidade censitária (Figuras 4 e 5). Dessa forma, os gestores públicos poderão realizar o mapeamento de vulnerabilidade a desastres naturais hidrológicos de forma rápida e eficiente.

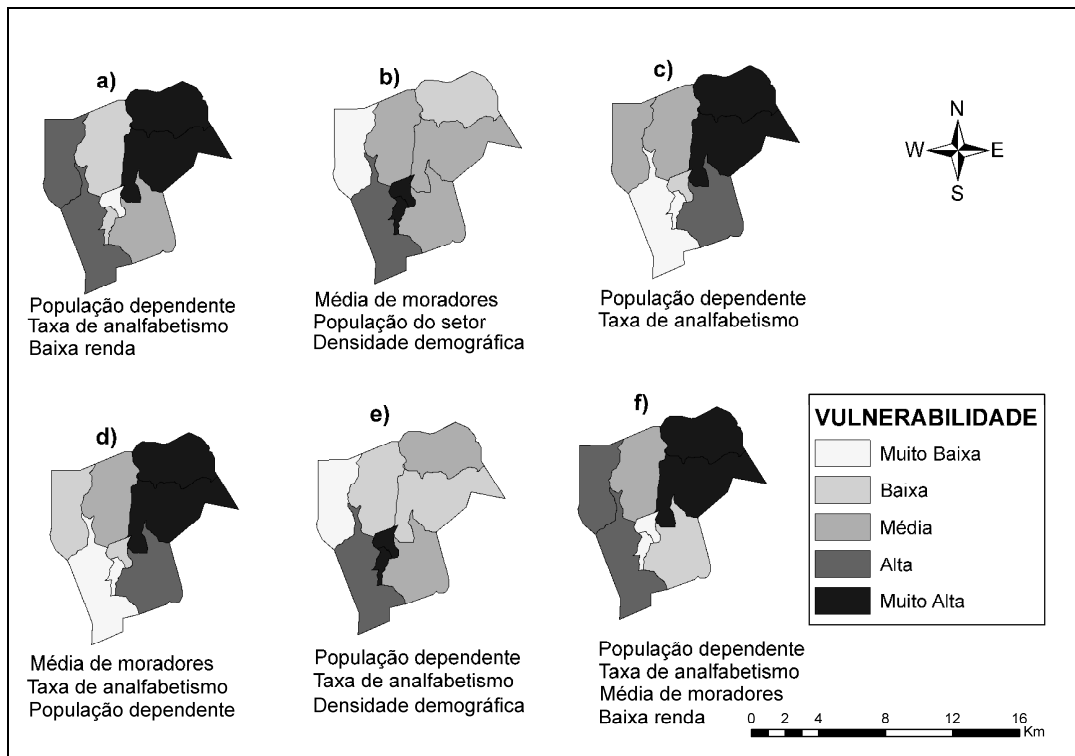


Figura 4: Identificação do índice de vulnerabilidade com adoção dos parâmetros alternadamente, no município de Alto Feliz, RS.

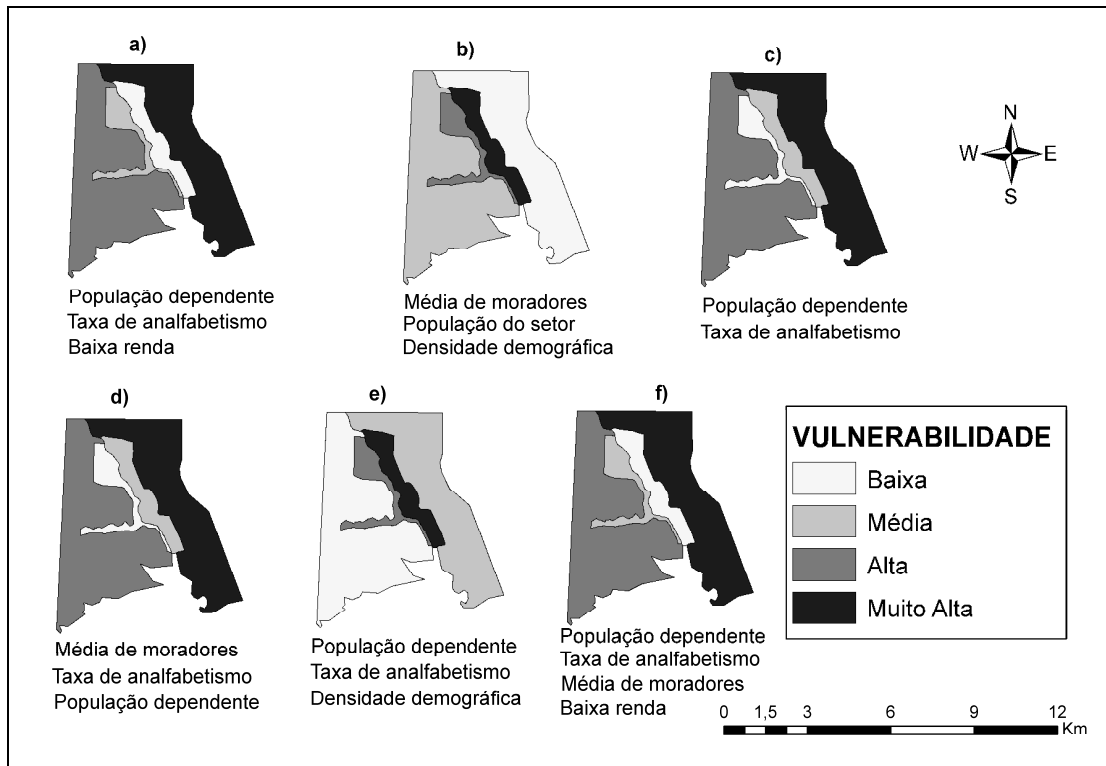


Figura 5: Identificação do índice de vulnerabilidade com adoção dos parâmetros alternadamente, no município de São Vendelino, RS.

Com a integração aleatória das variáveis, constatou-se que, no município de Alto Feliz, todas as figuras síntese, com exceção a 4b e 4e, apontam como área mais vulnerável os setores 8 e 3. Isso se deve a relação direta entre algumas variáveis analisadas, embora ocorra certa heterogeneidade na distribuição espacial dentro de um mesmo setor. A partir da análise conjunta das variáveis população dependente, taxa de analfabetismo, média de moradores e baixa renda (Figura 4f), nota-se que os setores centrais, situados na zona urbana, apresentam a menor vulnerabilidade, mesmo excluindo-se a variável média de moradores, como pode ser verificado na Figura 4a.

Verificou-se que a densidade demográfica é um parâmetro que tende a influenciar na determinação da área de maior vulnerabilidade no município. Ao incluir essa variável na avaliação, as áreas de maior vulnerabilidade passaram a ocorrer nos setores centrais do município de Alto Feliz (Figuras 4b e 4e).

O município de São Vendelino seguiu a mesma tendência, pois apresentou certa homogeneidade com relação aos resultados de Alto Feliz. As áreas mais vulneráveis ocorrem na zona rural e menos vulneráveis concentram-se na zona urbana, porção nordeste e central, respectivamente, (Figuras 5a, 5c, 5d e 5f). Salienta-se que isso ocorre sem a inclusão da densidade demográfica. Porém, no momento da inclusão dessa variável, a zona urbana torna-se a mais

vulnerável. Isso demonstra que a definição das variáveis é extremamente importante na análise da vulnerabilidade.

Aplicando a equação do índice de vulnerabilidade, todos os parâmetros para o município de Alto Feliz (Figura 6) e São Vendelino (Figura 7) foram contemplados. As classes adotadas foram: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade para o município de Alto Feliz, sendo esse um diferencial metodológico de Goerl *et al.* (2012) pelo fato dos autores não incluírem a classe muito baixa aos diferentes níveis. Entretanto, para o município de São Vendelino, foram definidas as mesmas classes que Goerl *et al.*(2012) utilizaram.

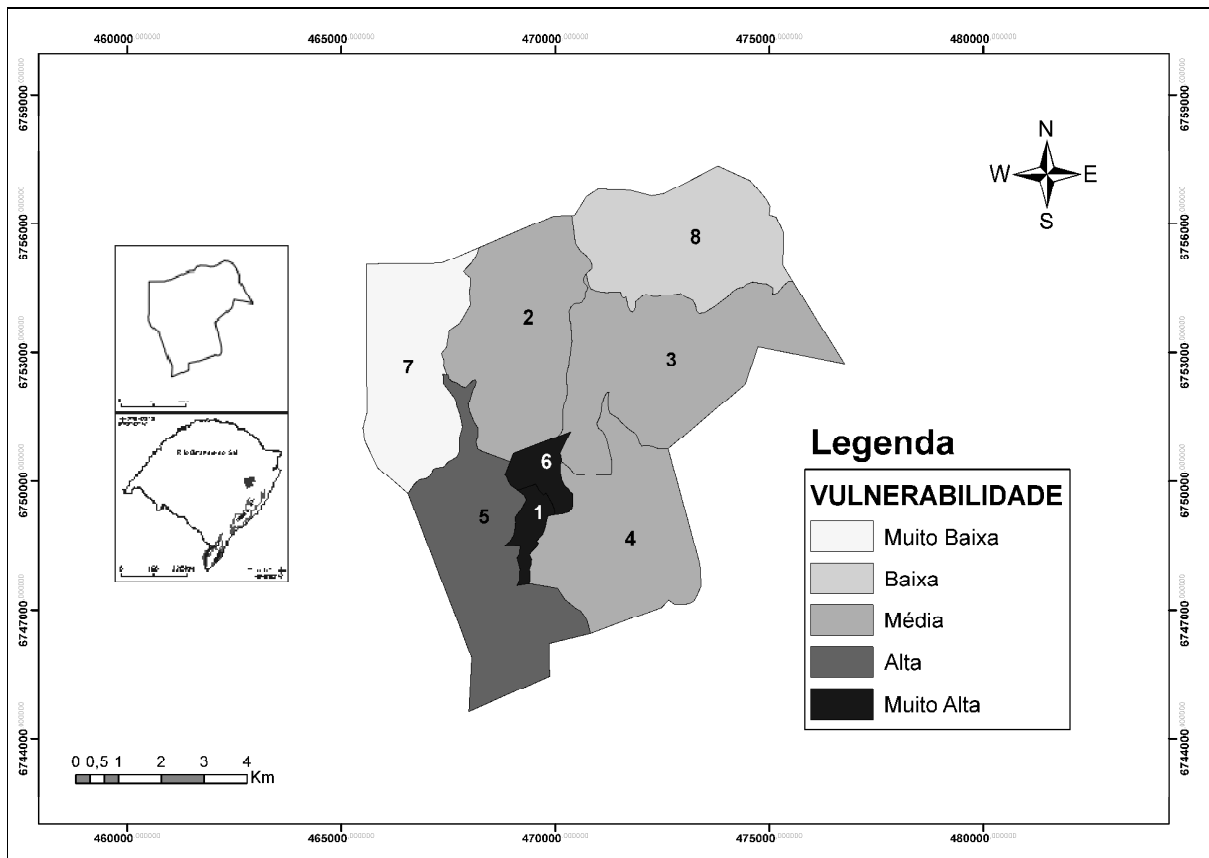


Figura 6: Espacialização da vulnerabilidade no município de Alto Feliz, RS.

Analisando os índices de vulnerabilidade de Alto Feliz, os setores que apresentaram índice de vulnerabilidade muito alta foram os setores centrais 1 e 6, ambos da zona urbana. Por outro lado, o setor que apresentou vulnerabilidade muito baixa foi o 7, situado na zona rural. Para o município de São Vendelino (Figura 7), a área de maior vulnerabilidade também se concentra na parte central, nos setores 1 e 2, ambos na zona urbana.

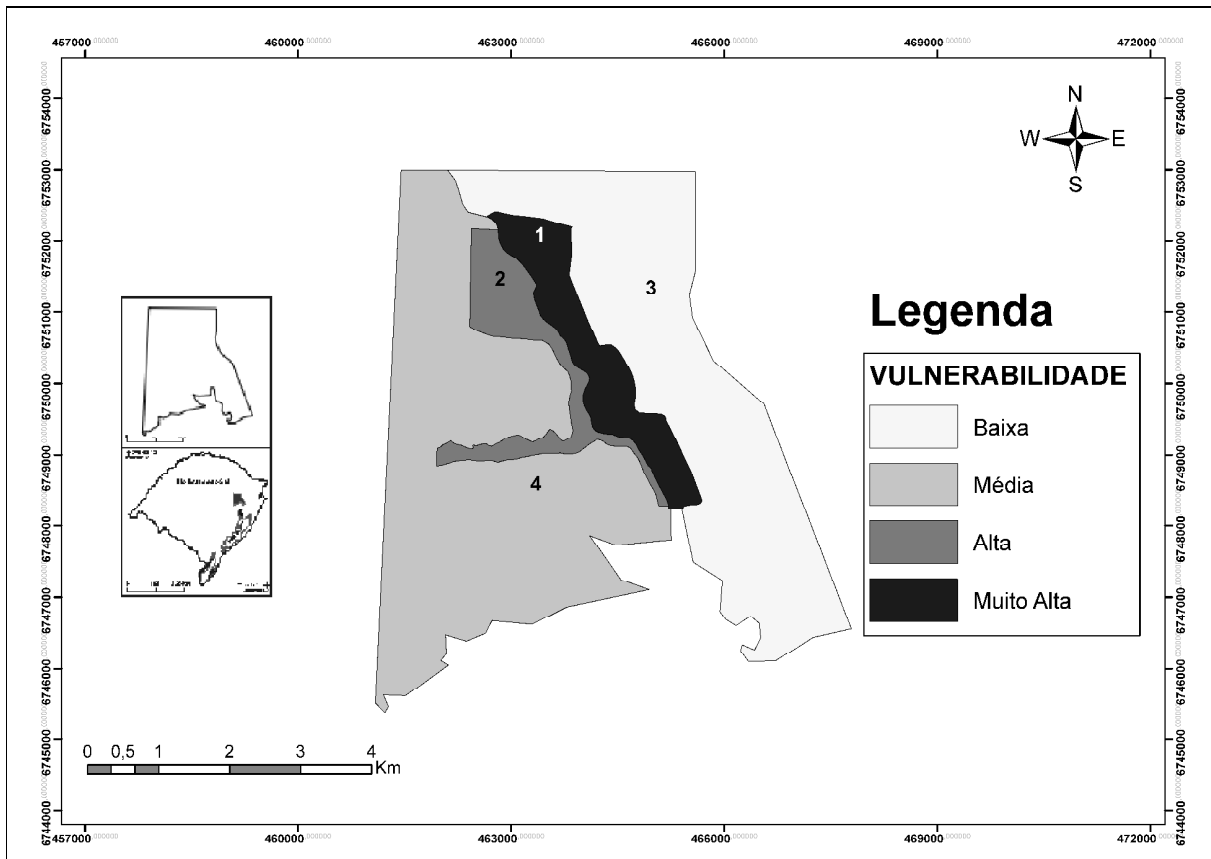


Figura 7: Espacialização da vulnerabilidade no município de São Vendelino, RS.

Por meio da espacialização da vulnerabilidade, constatou-se que os setores prioritários para ações públicas no município de Alto Feliz são os setores 1 e 6 e para São Vendelino o setor 1. Esses setores merecem maiores investimentos e atenção por parte dos gestores municipais na prevenção de desastres naturais.

Ao confrontar os resultados dos dois municípios da análise feita de forma separada, utilizando os mesmos parâmetros, verificou-se que as áreas mais vulneráveis ocorrem na zona urbana em ambos. Porém, o desafio consiste em integrar os municípios em uma única unidade para verificar qual o município apresenta a área mais vulnerável e onde essa área se concentra.

Com a integração dos municípios de Alto Feliz e São Vendelino (Figura 8) verificou-se que a área de vulnerabilidade muito alta ocorreu somente na zona urbana de São Vendelino. Isso demonstra que a vulnerabilidade varia com essa integração, uma vez que os valores dos parâmetros são redistribuídos nas classes.

A vulnerabilidade alta ocorre tanto no município de São Vendelino (setor 1) como em Alto Feliz (setores 1, 5 e 6). Os setores 1 e 6 de Alto Feliz, que isoladamente apresentaram

vulnerabilidade muito alta, passaram a uma classe inferior com a integração dos dois municípios, ou seja, de *muito alta* para *alta* vulnerabilidade.

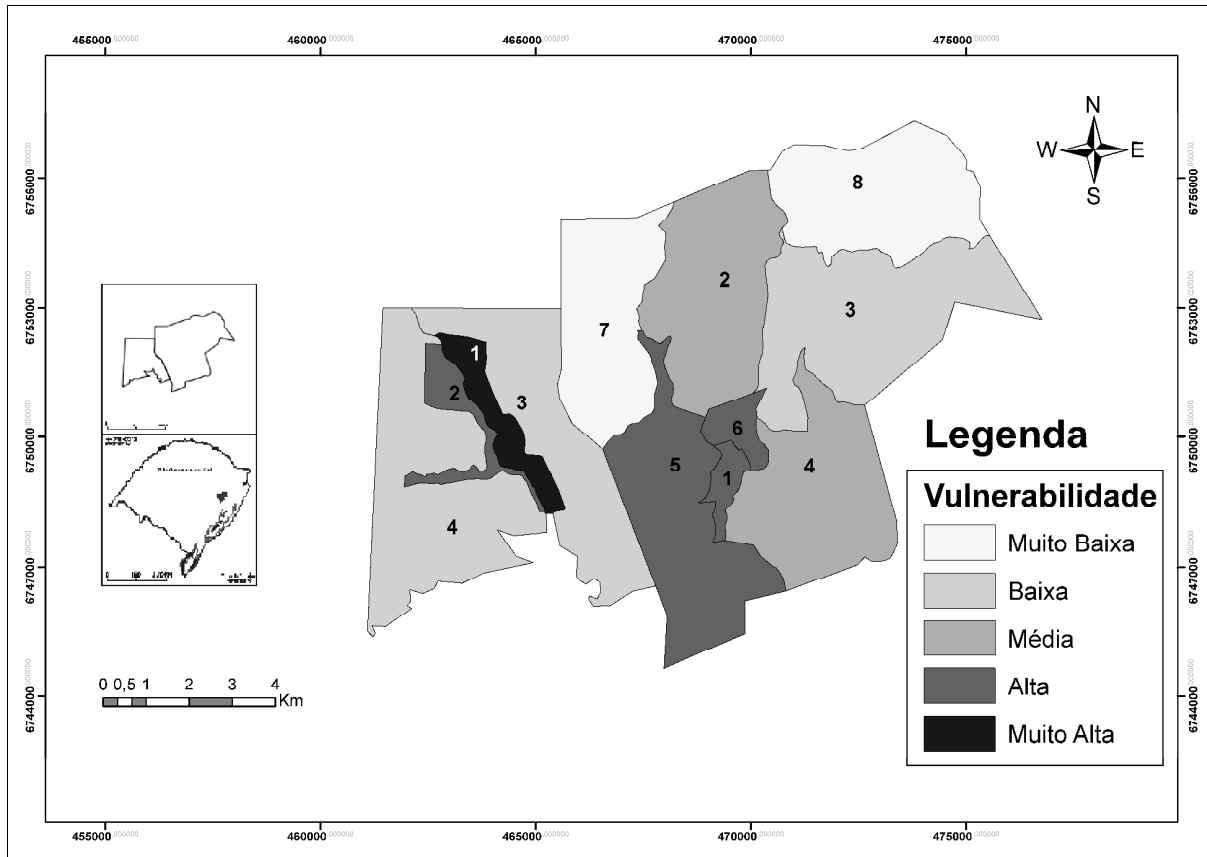


Figura 8: Vulnerabilidade dos municípios de São Vendelino e Alto Feliz, RS.

Analisando a classe de vulnerabilidade média, nota-se que somente ocorrem no município de Alto Feliz (setores 4 e 2), assim como a vulnerabilidade muito baixa (setores 8 e 7). Entretanto, a vulnerabilidade baixa é encontrada tanto em São Vendelino (setores 3 e 4) quanto em Alto Feliz (setor 3). Portanto, confirmou-se que São Vendelino não apresenta vulnerabilidade muito baixa, em relação a Alto Feliz (Tabela 3).

Tabela 3: Classes de vulnerabilidade obtidas com a integração dos municípios.

Vulnerabilidade	Alto Feliz	São Vendelino
	Setores	
Muito baixa	7 e 8	-
Baixa	3	3 e 4
Média	2 e 4	-
Alta	1, 5 e 6	2
Muito alta	-	1

A partir do mapeamento integrado dos dois municípios, constatou-se que Alto Feliz concentra setores de vulnerabilidade alta, média, baixa e muito baixa. Já no município de São Vendelino encontram-se somente setores de vulnerabilidade muito alta, alta e baixa.

4. CONCLUSÕES

O mapeamento da vulnerabilidade frente a desastres naturais demonstrou que, embora aplicada a mesma metodologia de Goerl *et al.* (2012), alterando-se somente o método de classificação, os resultados variaram. No município de São Vendelino, as classes de vulnerabilidade adotadas foram iguais as de Goerl *et al.* (2012). Porém, os resultados demonstraram que a área mais vulnerável ocorre na parte central, enquanto que Goerl *et al.* (2012) constataram que ocorre nas porções periféricas dos setores censitários. Cabe destacar que a metodologia de Goerl *et al.* (2012) foi aplicada somente na área urbana, e no presente trabalho foi utilizada em todo município, tanto zona rural quanto urbana.

A metodologia aplicada para os municípios de forma isolada apontou que as áreas mais vulneráveis se concentraram na zona urbana. Ao integrar os dois municípios, observaram-se resultados divergentes, principalmente pela ausência de algumas classes.

Ao confirmar a relação direta de algumas variáveis, a sobreposição alternada foi uma alternativa encontrada para verificar a possibilidade de reduzir o número de variáveis ou melhorar os resultados na identificação das áreas mais vulneráveis por unidade censitária.

A metodologia deve ser utilizada com muito cuidado por ser muito relativa, pois os resultados dependem da área escolhida. Os resultados para um único município, um conjunto de municípios, bacia hidrográfica ou um Estado tendem a variar. Sendo assim, sugerem-se estudos aplicando a referida metodologia para essas diferentes áreas como forma comparativa dos graus de vulnerabilidade.

Em nível municipal, a aplicação da metodologia estudada possibilita aos técnicos das prefeituras realizarem mapeamentos de vulnerabilidade a desastres naturais hidrológicos de forma rápida e eficiente. Dessa forma, os gestores públicos poderão realizar investimentos nos setores prioritários para prevenir a ocorrência de vítimas fatais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pelo auxílio na Pesquisa do projeto “Aperfeiçoamento metodológico de mapeamento de risco a desastres naturais na Bacia do Rio Caí/RS”.

BIBLIOGRAFIA

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

BRASIL CHANNEL. (2014). *São Vendelino/RS: dados Gerais*. Disponível em: <<http://brasilchannel.com.br/municipios>>. Acesso em: 02 out. 2014.

BRASIL. *Estatuto da Criança e do Adolescente*. (1990). Lei n. 8.069/90. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91764/estatuto-da-crianca-e-do-adolescente-lei-8069-90#art-60>>. Acesso em: 12 set. 2014.

BRASIL. *Estatuto do Idoso*. (2003). Lei n. 10.741/03. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm>. Acesso em: 20 set. 2014.

COMITÊ CAÍ. (2008). *Segunda Revista do Plano Caí*. Caxias do Sul, 32p.

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

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M.; PELLEIN, 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 (UEM) 30(1), pp.81-100.

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL.(2014). *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil*. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/>. Acesso em: 04 out. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2010). *Malhas digitais - Censo 2010 - Unidades censitárias*. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 12 maio 2014.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F. (2012). *Relação entre desastres naturais e floresta*. REVISTA GEONORTE - v.1, n°6, pp.17-48.

KOBIYAMA, M.; REGINATTO, G.M.P.; MICHEL, G.P. (2010). *Contribuição da engenharia de sedimentos ao planejamento territorial com ênfase em redução de desastres hidrológicos*. In: Anais do IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Brasília: EMBRAPA, 2010. 18 p. (CD-rom).

MARCELINO, E.V.; NUNES, L.H.; KOBİYAMA, M. (2006). *Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina*. Caminhos da Geografia (UFU), Uberlândia, v.7, n.17, 72-84.

MICHEL, G.P.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R.F. (2012). *Análise comparativa entre os modelos Shalstab e Sinmap na identificação de áreas susceptíveis a escorregamentos translacionais*. In: Anais do X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Foz do Iguaçu: ENES, 2012. 21 p. (CD-rom).

MUSSER, L. (2002). *Vulnerability Bibliography*. Center for Science and Technology Policy Research, 10p. Disponível em: <http://scienceppolicy.colorado.edu/events/security_symposium_2002/vulnerability_bibliography.pdf>. Acesso em: 10 set. 2014.

PEDROLLO, M.; GERMANP, A.; SOTÉRIO, P.; RODRIGUES, É.; MADUELL, J.C. (2011). *Alerta hidrológico da bacia do rio Caí: concepção e implantação do sistema*. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió: ABRH, 2011.14 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ALTO FELIZ. (2014). *Dados gerais*. Disponível em: <http://www.altofeliz.rs.gov.br/dados_gerais.php?pag=economia>. Acesso em: 02 out. 2014.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – PNUD. (2014). *Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el Progreso Humano: reducir vulnerabilidades y construir resiliencia*. Lançado em 24 de julho de 2014, em Tóquio, no Japão. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/arquivos/RDH2014es.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2014.

REIS, J.T.; MADRUGA, R.A.; NARVAES, I.S.; LIMA JUNIOR, E.R.; SAUSEN, T.M. (2012). *Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul de 2007 a 2011*. In: Anais do Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais. Rio Claro: CBDN, 2012. 1-11 (CD-Rom).

SOUZA, V.R.; GAVENAGHI, S.; ALVES, J.E.D. (2006). *Mapeamento dos óbitos por local de ocorrência dos acidentes de trânsito na cidade do rio de Janeiro*. In: Anais do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu: ABEP, 2006. 22 p. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/abep2006_358.pdf>. Acesso em: 13 out. 2014.

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