



II Congreso de Agua Ambiente y Energía, AUGM

Vulnerabilidad social en la gestión del riesgo de desastres

Luana Lavagnoli Moreira ^a, Dimaghi Schwambach ^b, Fernando Campo Zambrano ^c,
Masato Kobiyama ^d

^a *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, lavagnoliluana@gmail.com.*

^b *Universidade de São Paulo, Brasil, dimaghi@usp.br.*

^c *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, fernando.zambrano@ufrgs.br*

^d *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, masato.kobiyama@ufrgs.br.*

RESUMEN: Las inundaciones y los movimientos de masa son fenómenos naturales que generan riesgo y consecuentemente pueden causar desastres a las comunidades. Esto se debe, principalmente a la ocupación inadecuada de las áreas propensas a este tipo de fenómenos, llevando así, a un aumento de la vulnerabilidad. Es por eso, que la determinación del grado de vulnerabilidad es un paso importante para la identificación de las zonas de mayor riesgo y en la aplicación de recursos, técnicas de prevención y remediación de daños. Así, el presente trabajo tuvo como objetivo la construcción y aplicación de un índice que posibilita el mapeo de las zonas de vulnerabilidad social a inundaciones y movimientos de masa en escala de cuenca hidrográfica. La evaluación del índice de vulnerabilidad fue aplicado en la cuenca del río Maquiné, localizada en el estado de Rio Grande do Sul (Brasil). Además, fueron seleccionados 15 indicadores sociales a partir del censo de 2010, disponibles por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Como resultados, fue posible identificar las áreas más vulnerables, donde la ciudad de Maquiné arrojó los mayores valores (IVSI>0,6), siendo necesario, la adopción de medidas preventivas para que futuros desastres no ocurran.

PALABRAS CLAVE: índice; indicadores; inundaciones; movimientos de masa, población.

1 INTRODUCCIÓN

Las previsiones de tendencia poblacional realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), indican que, hasta el año 2080, cerca del 20% de la población mundial vive en áreas propensas a inundaciones (IPCC, 2007). Jongman, Ward & Aerts (2012), citan que en 2010, la exposición de la población global a una inundación con un período de retorno de 100 años fue estimada en 805 millones. La misma fuente, pronostica un aumento del 31% hasta el año 2050.

Los movimientos de masa junto con las inundaciones vienen causando desastres a la población mundial. Aunque la ocurrencia del primero es menor que la del segundo, el primero es responsable por muchas muertes humanas en el mundo. Por eso, son necesarios estudios científicos y adopción de medidas estructurales y no estructurales contra movimientos de masa (Glade et al., 2004).

Las inundaciones y los movimientos de masa son peligros naturales que ponen a la sociedad en riesgo, siendo éste, el resultado de la operación entre peligro y vulnerabilidad. Aún no hay consentimiento sobre una definición de vulnerabilidad (Goerl et al., 2011). Se trata de un concepto complejo que se refiere a las condiciones que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al

impacto de peligros determinados por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales (UNISDR, 2009).

En la actualidad, tres métodos se utilizan comúnmente para evaluar la vulnerabilidad de una determinada área: i) matrices de vulnerabilidad, ii) funciones de vulnerabilidad, y iii) indicadores de vulnerabilidad. Las matrices de vulnerabilidad son métodos cualitativos, en cuanto que las funciones de vulnerabilidad expresan la vulnerabilidad de forma cuantitativa, traduciendo el daño en valor monetario. Por último, los indicadores de vulnerabilidad ofrecen ventajas, que incluye el análisis de todos los tipos relevantes de consecuencias sin medidas monetarias, no siendo necesario datos empíricos, sino que se considera las diferentes características de los elementos de riesgo. Además, son flexibles para ajustarse a diferentes riesgos y locales (Carlier, Puissant, Dujarric, y Arnaud-Fassetta, 2018).

A pesar de que el concepto de vulnerabilidad considera las condiciones físicas, sociales, ambientales y económicas en diferentes magnitudes y escalas, hay una tendencia creciente a enfatizar la importancia de las informaciones sobre vulnerabilidad social en escalas locales. Hinkel (2011) argumenta que los indicadores de vulnerabilidad social pueden identificar a personas y comunidades vulnerables de una manera más adecuada, en escalas locales que en grandes escalas. En escalas locales, las informaciones de vulnerabilidad social pueden facilitar la planificación, promover la asignación de recursos y fortalecer la sostenibilidad urbana (Gu et al., 2018).

En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo la construcción y aplicación de un índice que posibilite la clasificación de las zonas de vulnerabilidad social a los peligros naturales en escala de cuenca hidrográfica.

2 METODOLOGÍA

2.1 *Área de estudio.*

La evaluación de la vulnerabilidad social asociada a peligros naturales fue aplicada en la cuenca del río Maquiné, localizada en la región noreste del estado de Rio Grande do Sul, Brasil. Esta cuenca, está limitada por las coordenadas geográficas 29° 23' S a 29°45' S y 50°07' W a 50°22' W, y cuenta con una área de drenaje de 510 km², abarcando predominantemente el municipio de Maquiné y una pequeña parte del municipio de São Francisco de Paula (Figura 1).

La área de la cuenca está compuesta por aproximadamente 6.024 habitantes, considerando la suma de la población total de cada sector censitario, relacionado a los municipios de Maquiné y São Francisco de Paula (IBGE, 2010), que representa 0,06% de la población del estado de Rio Grande do Sul.

En relación al uso y ocupación del suelo, cerca del 78% del área de la cuenca está compuesta por bosques, 12% por cultivos agrícolas, 5% suelo expuesto, 3% silvicultura, 1% por cuerpos de agua y apenas 1% representa área urbana, siendo que, su densidad demográfica es relativamente baja (11,81 hab/km²), menor que el valor del estado (37,96 hab/km²).

Además, esta cuenca tiene un histórico de eventos extremos en relación a inundaciones y movimientos de masa, por ejemplo, los eventos en los años de 2007, 2010 y 2011, registrados por la Defensa Civil, entidad responsable por la prevención, mitigación, preparación, respuesta e reconstrucción de escenarios a desastres naturales en Brasil.

2.2 Adquisición de los datos

Fueron seleccionados indicadores sociales en nivel de sector censitario, a partir del censo de 2010 realizado por el IBGE. El sector censitario corresponde a la menor unidad de análisis territorial con límites físicos identificables en campo y con una dimensión correcta a la operación de la investigación. La cuenca está dividida en 23 sectores, de los cuales 18 están dentro del límite administrativo del municipio de Maquiné y 5 en São Francisco de Paula (Figura 1).

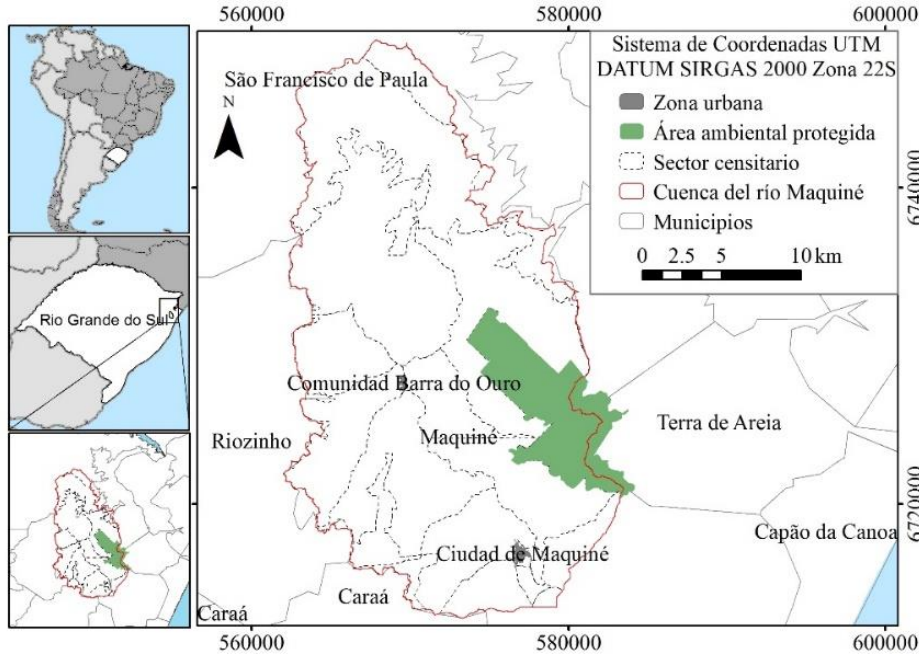


Figura 1. Localización de la cuenca del río Maquiné y sectores censitarios.

2.3 Índice de vulnerabilidad

La construcción de un índice envuelve la elección del fenómeno a ser estudiado, selección de los indicadores (variables) y su agregación para formar el índice. Esta última, engloba la normalización de los indicadores a fin de tener valores adimensionales; la ponderación cuando se desea atribuir pesos para representar su importancia relativa; y por último el método de agregación.

Para el presente estudio, fueron seleccionados 15 indicadores sociales (Tabla 1). Esta selección se estableció a través de la relevancia de estudios similares en el mundo, representatividad, exactitud, replicabilidad y disponibilidad de datos para su determinación.

Los valores de cada indicador y para cada sector censitario fueron normalizados para la escala de 0 a 1 (Ecuación 1) y posteriormente estos valores fueron agregados (Ecuación 2).

$$I_i = \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (1)$$

$$IVSI = \frac{[P_t + D_p + P_4 + P_{65} + R_d + P_f + P_a + P_d + R + M_{al} + M_{es} + M_{ag} + M_{el} + C_s + (1 - IDH)]}{15} \quad (2)$$

Donde I_i es el indicador normalizado para el sector censitario i ; V_i es el valor del indicador para el sector censitario i ; V_{min} es el valor mínimo del indicador en la muestra; V_{max} es el valor máximo

del indicador en la muestra; *IDH* es el índice de desarrollo humano; y *IVSI* es el índice de vulnerabilidad social. Cabe resaltar que no se atribuyeron pesos, visto que se consideró la importancia equivalente para todos los indicadores.

Tabla 1. Indicadores de vulnerabilidad a peligros naturales

| <i>Indicador</i> | <i>Código</i> | <i>Unidad</i> |
|---|---------------|---------------------|
| Población total | P_t | hab |
| Densidad poblacional | D_p | hab/km ² |
| Personas de 0 a 4 años | P_4 | años |
| Persona mayores que 65 años | P_{65} | años |
| Razón de dependencia | R_d | - |
| Género femenino | P_f | hab |
| Índice de desarrollo humano | <i>IDH</i> | - |
| Analfabetos | P_a | hab |
| Desempleados | P_d | hab |
| Renta <i>per capita</i> | R | R\$/hab |
| Residentes viviendo en casas alquiladas | M_{al} | hab |
| Residentes con saneamiento de aguas residuales por pozo séptico | M_{es} | hab |
| Residentes con acceso a abastecimiento público de agua | M_{ag} | hab |
| Residentes con acceso a electricidad | M_{el} | hab |
| Casas con mas que 5 residentes | C_5 | casas |

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con base en el cálculo del *IVSI* fue elaborado el mapa de vulnerabilidad social a peligros naturales en la cuenca del rio Maquiné (Figura 2). El área de la cuenca con mayor vulnerabilidad, con un índice mayor que 0,60 (identificada en color rojo en el mapa) está localizada en la ciudad de Maquiné. La segunda área con mayor vulnerabilidad, índice mayor que 0,40 (identificada en color naranja en el mapa) está próxima a la comunidad Barra do Ouro y próxima a la ciudad de Maquiné. El elevado grado de vulnerabilidad en estas regiones puede ser explicado por la mayor cantidad y concentración de personas, considerando que el cálculo del índice de vulnerabilidad es función básicamente de indicadores demográficos.

De esta forma, en el mapa se pudo identificar áreas prioritarias para la implementación de políticas públicas y acciones de prevención y mitigación a desastres naturales. En Brasil, existen pocos estudios relacionados a la construcción de índices de vulnerabilidad asociados a peligros naturales en escala de cuenca o municipio. En este contexto, están los estudios de Andrade y Szlafsztain (2018) que utilizaron indicadores demográficos, de estructuras de apoyo a desastres naturales y de percepción del riesgo a inundaciones; Miguez y Verol (2017) a partir de la resiliencia a inundaciones; Roncancio y Nardocci (2016) utilizaron el Índice de Vulnerabilidad social (SoVI) propuesto por Shirley, Cutter, y Boruff (2016); Barros, Mendes, y Castro (2015) realizaron agregación de

indicadores en función de la educación, renta, separación por edad, condiciones de saneamiento y habitación; y Goerl, Kobiyama, y Pellerin (2011) usaron indicadores demográficos.

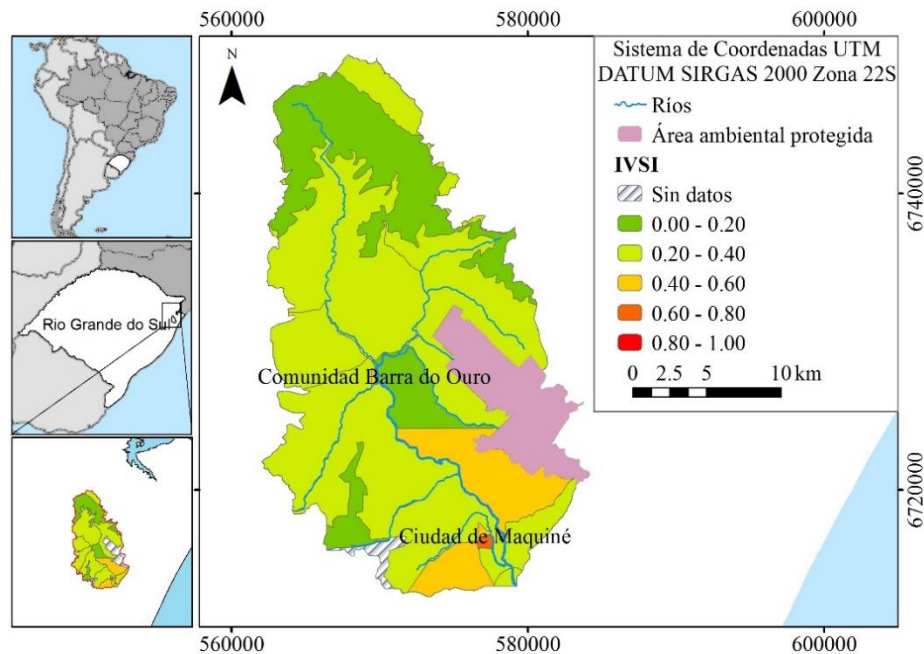


Figura 2. Zonas de vulnerabilidad social a peligros naturales en la cuenca del río Maquiné.

Esto puede ser explicado en gran parte a la falta de datos, tanto de calidad como de cantidad referente a vulnerabilidad social. De esta forma, a escala de la cuenca utilizada en este estudio con muestreo a nivel de sector censitario, solo fue posible con datos desactualizados (año de 2010), imposibilitando así, el uso de indicadores importantes como, nivel de educación, percepción de la población a eventos extremos, condiciones de habitación, entre otros. Por lo tanto, se recomienda un mayor levantamiento de informaciones en relación a condiciones de habitación y mapeo de infraestructuras vulnerables a peligros naturales, que llevara alcanzar resultados más precisos en escala de cuenca, siendo esta, la unidad territorial para la gestión de los recursos hídricos, conforme definido en la ley nacional (Brasil, 1997).

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio propuso la elaboración de un índice de vulnerabilidad social asociado a peligros naturales en escala de cuenca hidrográfica, posibilitando así, el mapeo de los diferentes niveles de vulnerabilidad social. Por medio de la aplicación de este índice, se identificó las áreas más vulnerables, las cuales merecen de mayor atención para la adopción de medidas preventivas para que futuros desastres no ocurran. Además se verifico la necesidad de realizar un mayor levantamiento de información e actualización de datos sobre indicadores de vulnerabilidad.

Por último, se recomienda de forma complementaria el mapeo de áreas susceptibles a inundaciones y movimientos de masa, a través de herramientas de modelaje hidrodinámica y hidrogeomorfológica, con el fin de criar un mapa de riesgo capaz de auxiliar a gestores en la toma de decisiones y la adecuada gestión de desastres naturales.

5 AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen el ápo do financiero recibido por la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES), al *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPQ) y al *Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos - Chamada N° 16/2017*, coordinado por la CAPES y la *Agência Nacional de Recursos Hídricos* (ANA).

6 REFERENCIAS

- Andrade, M. M. N. de, & Szlafsztein, C. F. (2018). Vulnerability assessment including tangible and intangible components in the index composition: An Amazon case study of flooding and flash flooding. *Science of the Total Environment*, 630, 903–912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.271>
- Barros, M. V. F., Mendes, C., & Castro, P. H. M. de. (2015). Vulnerabilidade socioambiental à inundação na área urbana de Londrina – PR/Vulnérabilité socio-environnementale aux inondations dans la zone urbaine de Londrina - PR/Social-environmental vulnerability to floods in urban areas of Londrina city – PR. *Confins*, (24), 1–21. <https://doi.org/10.4000/confins.10228>
- BRASIL. (1997). Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997. *Diário Da República, 1ª Série - Nº 116*, p. Acesso em: 13 set. 2018. Retrieved from http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm
- Carlier, B., Puissant, A., Dujarric, C., & Arnaud-Fassetta, G. (2018). Upgrading of an index-oriented methodology for consequence analysis of natural hazards: Application to the Upper Guil catchment (southern French Alps). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2221–2239. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2221-2018>
- Glade, T., Anderson, M., & Crozier, M.J. (2004). *Landslide Hazard and Risk*. John-Wiley: Chichester, 834p.
- Goerl, R. F., Kobiyama, M., & Pellerin, J. R. G. M. (2011). Mapeamento de Vulnerabilidade no Município de Rio Negrinho - SC: Uma Proposta Metodológica. *Caminhos de Geografia*, 12(40), 205–221.
- Gu, H., Du, S., Liao, B., Wen, J., Wang, C., Chen, R., & Chen, B. (2018). A hierarchical pattern of urban social vulnerability in Shanghai, China and its implications for risk management. *Sustainable Cities and Society*, 41(March), 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.047>
- Hinkel, J. (2011). Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: Towards a clarification of the science–policy interface. *Global Environmental Change*, 21, 198–208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>.
- IBGE. (2010). Sinopse do Censo Demográfico. Retrieved from <http://www.ibge.gov.br>
- IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: synthesis report. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.html>.
- Jongman, B., Ward, P. J., & Aerts, J. C. J. H. (2012). Global exposure to river and coastal flooding - long term trends and changes. *Global Environmental Change*, 22, 823-835. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.004>
- Miguez, M. G., & Veról, A. P. (2017). A catchment scale Integrated Flood Resilience Index to support decision making in urban flood control design. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 44(5), 925–946. <https://doi.org/10.1177/0265813516655799>
- Roncancio, D. J., & Nardocci, A. C. (2016). Social vulnerability to natural hazards in São Paulo, Brazil. *Natural Hazards*, 84(2), 1367–1383. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2491-x>
- Shirley, W. L., Cutter, S. L., & Boruff, B. J. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261.
- UNISDR. 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. (Geneva, Switzerland). Retrieved from http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf.