

# Vulnerabilidade socioambiental à leptospirose humana no aglomerado urbano metropolitano de Curitiba, Paraná, Brasil: proposta metodológica a partir da análise multicritério e álgebra de mapas

Socio-environmental vulnerability to human leptospirosis in urban agglomeration metropolitan of Curitiba, Paraná, Brazil: methodological proposal from the multicriteria analysis and maps algebra

**Elaiz Aparecida Mensch Buffon**

Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geografia,  
Curitiba, PR, Brasil.  
E-mail: eambuffon@gmail.com

## Resumo

A análise da vulnerabilidade socioambiental é realizada por meio de distintas abordagens, que utilizam uma gama de dados e técnicas. Nesse contexto, este trabalho aborda um índice sintético de vulnerabilidade em face dos condicionantes socioambientais da leptospirose humana no aglomerado urbano metropolitano de Curitiba. Para isso, aplicou-se a técnica da cartografia de síntese para avaliar a vulnerabilidade social e, de modo integrado, demarcou-se as áreas de inundações. Os resultados indicam, dentro das possibilidades e limites do mapeamento, que a metodologia é eficaz para representar a vulnerabilidade socioambiental à leptospirose humana, fato comprovado pelos trabalhos de campo. As condições de alta e muito alta vulnerabilidade social são identificadas, em maiores proporções espaciais, nas cidades da periferia geográfica do aglomerado e nas periferias sociológicas, enquanto as condições de baixa e muito baixa vulnerabilidade estão associadas às regiões centrais e mais valorizadas, concentrando-se na cidade de Curitiba. Ressalta-se que esse indicador de vulnerabilidade possibilita monitorar a distribuição espacial das fragilidades da sociedade e do ambiente em relação a uma problemática e, assim, se constitui em uma ferramenta de auxílio

## Correspondência

Elaiz Aparecida Mensch Buffon  
Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geografia.  
Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100, 2 andar, sala 210. Curitiba, PR,  
Brasil. CEP: 80050-540.

para a implantação de políticas públicas que visam o controle e a erradicação da leptospirose humana.

**Palavras-chave:** Epidemiologia; Prevenção e Controle; Método; Sistemas de Informação Geográfica; Metr pole de Curitiba.

## Abstract

The analysis of socio-environmental vulnerability is carried out through different approaches, using a broad range of data and techniques. In this context, this work deals with a synthetic index of vulnerability face the environmental conditionings of human leptospirosis in urban agglomeration of the Metropolitan Area of Curitiba. To do so, the technique of synthesis mapping was applied to assess social vulnerability and, in an integrated manner, mark the flooding areas. The results allowed to identify, within the possibilities and limits of the mapping, that the methodology is effective to represent the environmental vulnerability to human leptospirosis, a fact proven by field work. Conditions of high and very-high social vulnerability are identified, in larger proportions, in the cities of the geographical peripheries of the agglomeration and in sociological peripheries, whereas the conditions of low and very-low vulnerability are associated with the central and most valued regions, concentrating on the city of Curitiba. It is noteworthy that this vulnerability indicator allows monitoring the spatial distribution of the social and environmental frailty conditions regarding a problem, and thus constitutes a proper assistance tool for the implementation of public policies aimed at the control and eradication of human leptospirosis.

**Keywords:** Epidemiology; Prevention and Control; Methods; Geographic Information Systems; Metropolitan Area of Curitiba.

## Introdu o

O conhecimento sobre as configura es favoráveis   instala o de doenças não   recente. Rouquayrol (1993) cita que estudos da década de 1840 apontaram diferenças consideráveis na manifesta o de doenças entre grupos sociais. Nesse sentido, a mesma autora ressalta que essas diferenças são resultado das inter-rela es dinâmicas que envolvem condicionantes sociais e ambientais e, também, fatores que indicam suscetibilidade natural   doença.

Os condicionantes sociais são comumente classificados em quatro categorias: (1) fatores socioecon micos, (2) fatores sociopolíticos, (3) fatores socioculturais e (4) fatores psicossociais (Rouquayrol, 1993). Os condicionantes ambientais são compostos por fatores que caracterizam o ambiente físico, sendo esses: situa o geográfica, solo, clima, recursos hídricos e topografia, e agentes químicos e físicos (Rouquayrol, 1993).

Na pesquisa de doenças ligadas   problemática socioambiental, particularmente as transmitidas por vetores, diversos são os estudos que adotam a dimensão espacial como categoria de análise. Essa categoria   enfatizada por processos que são avaliados a partir de dados sociais e ambientais. No entanto, mesmo com os recentes avanços na discussão teórica-analítica desses dados, a constru o e a representa o cartográfica dos indicadores de saúde socioambiental   um processo complexo e desafiador nos estudos que auxiliam na tomada de decisões.

Os dados sociais e ambientais podem ser representados isoladamente em cada uma das suas categorias e variáveis, tal como são identificados em muitos estudos. A integra o desses dados pode ser realizada a partir de indicadores que permitem expressar fen menos complexos em mensagens simples (Briggs, 1999). De acordo com Montoya et al. (2011, p. 157), o uso de indicadores na análise integrada de saúde e ambiente está orientado para os seguintes aspectos:

- Monitorar tendências no ambiente para identificar riscos potenciais   saúde.
- Monitorar tendências em saúde resultantes da exposi o a fatores de risco ambientais para orientar a formula o de políticas.

- Comparar áreas ou países com relação à sua situação de saúde ambiental, a fim de direcionar ações para onde mais são necessárias e colaborar na alocação de recursos.
- Monitorar e avaliar os efeitos de políticas ou outras intervenções em saúde ambiental.
- Aumentar a atenção de diferentes grupos de colaboradores (incluindo formuladores de políticas, funcionários da saúde e da indústria, público geral e meios de comunicação) para as questões de saúde ambiental.
- Investigar os vínculos potenciais entre ambiente e saúde para a obtenção de informações sobre intervenções em saúde e para a formulação de políticas.

A integração entre ambiente e saúde por meio de um indicador necessita de critérios de construção que contemplem as inter-relações complexas e as interações dos impulsores socioambientais que variam ao longo do tempo e do espaço. Portanto, um indicador apoia-se em uma construção conceitual e metodológica para auxiliar tanto na avaliação quanto na gestão dos riscos associados à saúde humana na sociedade.

De acordo com Góes-Souza (2015), os riscos sociais são numerosos e complexos de serem analisados, em razão da pluralidade de atores que influenciam, necessitando assim da combinação de grande número de elementos. Intrinsecamente ligado à noção de riscos surge o conceito de vulnerabilidade, que se apresenta como um passo lógico de conhecimento para auxiliar no enfrentamento do risco. Portanto, a vulnerabilidade é um indicador do risco que, quando relacionado à saúde humana, é concebido a partir de uma abordagem socioambiental.

Nesta pesquisa, em que se busca uma análise metodológica para expressar um indicador de saúde socioambiental diante da problemática da leptospirose humana, adota-se como abordagem de vulnerabilidade a combinação de variáveis que contemplam a probabilidade de exposição ambiental (área de inundações urbanas) atreladas às consequências adversas das condições socioeconômicas (condições de vida das sociedades).

Nesse sentido, objetiva-se com este trabalho analisar a vulnerabilidade socioambiental à leptospirose com o apoio da análise de multicritério e álgebra de mapas. Este estudo encaixa-se na perspectiva apresentada por Cutter (2003), em que a vulnerabilidade é entendida como um perigo do lugar, ou seja, é necessário compreender em que circunstâncias as pessoas estão expostas aos riscos.

Para essa análise, definiu-se como recorte espacial o aglomerado urbano metropolitano de Curitiba, a fim de abordar uma análise na escala intrametropolitana. A população urbana total desse aglomerado é de 2.803.396 habitantes (IBGE, 2011), o que representa quase a população urbana total da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Cabe destacar que o processo de uso e ocupação da terra desse aglomerado nem sempre obedeceu aos critérios de planejamento (Comec, 2006), propiciando assim a formação de diversos problemas socioambientais urbanos.

As inundações urbanas constituem importante risco natural na área de estudo. Mesmo que a área apresente uma regularidade da distribuição anual de pluviosidade e clima subtropical (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007), não se descarta a ocorrência de eventos extremos de chuva que, atrelados a essa dinâmica de uso e ocupação da terra, culminam em prejuízos sociais e econômicos decorrentes de inundações (Buffon, 2016; Mendonça; Deschamps; Lima, 2013).

Deschamps (2004), ao estudar as relações entre ambientes sociais e naturais nesse aglomerado urbano a partir do ano de 2000, constatou que as áreas com risco de inundação concentram populações com grau de vulnerabilidade social de médio para altíssimo. Atrelado a essa problemática, a autora frisou que os maiores fluxos de migração foram justamente para as áreas com alto e de alto para médio grau de vulnerabilidade social. Desse modo, entende-se que a expansão urbana desse aglomerado foi pautada em uma gestão estanque do território. Essas precariedades, no seu conjunto, podem caracterizar os altos índices de vulnerabilidades ali observados. A exposição a essas condições de vulnerabilidades reflete diretamente na condição de saúde humana, diretamente associada à infraestrutura urbana, à informação, à moradia e aos serviços de saúde (Constanza et al., 2007).

Nesse sentido, frisa-se que, mesmo sendo a leptospirose humana uma doença cuja ocorrência não é recente no Brasil (Gonçalves et al., 2006), os estudos ainda são recentes, e poucos adotam uma abordagem inter e multidisciplinar. Com isso, buscou-se com esta pesquisa utilizar dados sociais, ambientais e econômicos para analisar as condições de vulnerabilidade socioambiental à leptospirose humana em um aglomerado urbano metropolitano. É importante ressaltar que este trabalho é fruto da discussão realizada para a construção de uma dissertação de mestrado em geografia defendida em 2016 (Buffon, 2016).

## Síntese metodológica

O desenvolvimento metodológico desta pesquisa explicita a necessidade do uso de diferentes técnicas e ferramentas para o tratamento dos dados cartográficos e temáticos, a fim de incorporar modernas técnicas da análise espacial, que são de extrema importância para o planejamento e a epidemiologia, conforme mencionado por Vilaça et al. (2009). Assim, utilizou-se a plataforma de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com auxílio do software ArcGIS 10.1 para elaboração dos mapas e do programa Excel para tabulação dos dados e realização de cálculos estatísticos.

A determinação da quantidade de classes ( $k$ ) nos mapeamentos embasou-se na compreensão de que todos os lugares são vulneráveis, portanto não existe vulnerabilidade zero ou nula. A fim de buscar maior detalhamento, seis classes foram adotadas: muito baixa (0,0019 - 0,0750), baixa (0,0751 - 0,1336), média a baixa (0,1337 - 0,1897), média a alta (0,1898 - 0,2605), alta (0,2606 - 0,3650) e muito alta (0,3651 - 0,6109) para o cenário 1, e muito baixa (0,0019 - 0,0750), baixa (0,0751 - 0,1338), média a baixa (0,1339 - 0,1914), média a alta (0,1915 - 0,2708), alta (0,2709 - 0,3948) e muito alta (0,3949 - 0,7056) para o cenário 2. Os intervalos das classes para todos os mapeamentos foram realizados a partir da técnica *Natural Breaks* constante no software ArcGIS 10.1, a partir de grupos cujos setores são homogêneos, ou seja, buscou-se minimizar a variância intraclasses e maximizar a variância interclasses, baseadas em cálculos matemáticos, tais como desvio absoluto e

mediana das classes, que determinam o valor dos intervalos (Girardi, 2008).

Quanto à coleta de dados cartográficos para a construção dos mapeamentos, utilizou-se o recorte do aglomerado urbano metropolitano de Curitiba com quatro camadas de informações armazenadas em arquivo do formato *shapefile*. Essas quatro camadas compreendem as seguintes informações: (1) limite municipal; (2) limite integrado do aglomerado urbano; (3) 3.071 setores censitários urbanos; e (4) divisa de 262 bairros das cidades que compõem o aglomerado (com exceção das cidades Piraquara, Campina Grande do Sul e Quatro Barras).

Esses dados cartográficos foram coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba, no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, no Paranacidade e nas prefeituras municipais, e foram integrados e avaliados por meio da consistência topológica de acordo com a ISO 19113:2002 por Buffon (2016).

O aglomerado metropolitano de Curitiba foi delimitado pelo estudo de Firkowski (2002), em que a autora apresenta os municípios que compõem uma mancha urbana contínua formada a partir do crescimento urbano. A identificação foi baseada no processo de dinamismo do crescimento populacional das cidades pertencentes à RMC, representando a metropolização do espaço através dos nexos sociais, econômicos e espaciais entre as cidades.

As informações temáticas das variáveis adotadas no indicador de vulnerabilidade socioambiental à leptospirose humana foram obtidas em duas fontes: dados das áreas de inundações com tempo de retorno de 10 e 25 anos, disponibilizados pelo Instituto de Águas do Paraná (Paraná, 2002), e dados sociais obtidos em variáveis pesquisadas e disponibilizadas no censo de 2010 (IBGE, 2011). Os dados dos casos confirmados de leptospirose humana são de registro da Secretaria da Saúde do Estado do Paraná, sendo organizados e aplicados cálculos estatísticos por Buffon (2016). Atrelado a isso, foram coletados registros fotográficos em campo para validar os resultados. As coletas de campo ocorrem entre junho de 2015 e junho de 2016.

Cenários baseados nos indicadores de vulnerabilidade foram construídos com a técnica

de cartografia de síntese (Martinelli, 1991, 2003; Sampaio, 2012), por meio da análise multicritério e álgebra de mapas (dados vetoriais). Os passos aplicados nos mapeamentos foram: (1) normalização dos dados, (2) padronização dos valores, (3) eleição e ponderação das variáveis e (4) processo de síntese dos valores (Sampaio, 2012).

De acordo com Sampaio (2012, p. 124), “o processo de normalização é definido como a relação entre duas variáveis” - no caso desta pesquisa, o total de domicílios por setor e a variável em análise. A equação 1 expressa essa relação:

$$Vn = \frac{V1}{V2} \text{ (Equação 1)}$$

em que  $Vn$  corresponde à variável normalizada,  $V1$  à variável a ser normalizada e  $V2$  à variável normalizadora.

Já a variável normalizada padronizada, conforme ressalta Sampaio (2012), pode ser obtida pela aplicação da equação 2, a saber:

$$Vnp = \frac{Vn - Vmin}{Vmax - Vmin} \text{ (Equação 2)}$$

em que  $Vnp$  é a variável normalizada padronizada,  $Vn$  a variável a ser padronizada (podendo ser normalizada ou não),  $Vmin$  o menor valor da série de dados e  $Vmax$  o maior valor da série de dados, sendo, portanto,  $Vmax - Vmin$  igual à amplitude ( $h$ ).

Por fim, Sampaio (2012) frisa que esse processo de síntese em concepção geral é expressado pela equação 3:

$$\text{Síntese} = \sum_{i=1}^n Vnppi \text{ (Equação 3)}$$

em que  $Vnppi$  representa cada uma das variáveis normalizadas padronizadas e ponderadas empregadas no processo de síntese, e  $i$  varia de 1 (primeira  $Vnppi$ ) até  $n$  (última  $Vnppi$ ).

Adotou-se uma multiplicidade de variáveis com pesos distintos no indicador “síntese de vulnerabilidade social à leptospirose humana”. As variáveis que compõem os quadros 1 e 2 se encaixam na dimensão teórica de condicionantes sociais à leptospirose humana. Essa dimensão é expressa por Rouquayrol e Goldbaum (1999, p. 17) quando relatam que para entender a distribuição das doenças e os seus fatores causadores é necessário evidenciar as “relações existentes entre os fatores do ambiente - físicos, químicos e biológicos, do agente e do hospedeiro ou suscetível. Dentro desta concepção, os fatores culturais e sócio-econômicos são partes integrantes do sistema”.

A definição das variáveis, bem como a ponderação, foi embasada na revisão bibliográfica sobre o problema a ser estudado, tentando ao máximo diminuir a subjetividade da técnica adotada. Com isso, elaborou-se o Quadro 1, que auxilia na caracterização do problema e da ponderação adotada. É importante frisar que a relevância das variáveis identificadas baseia-se na condição de fragilidades. Por isso, os fatores atrelados à gênese e à manifestação, condições essenciais para a instalação das doenças, possuem maior grau de importância na análise, se comparados com os fatores citados na ação de controle, que se apresenta como secundária (posterior) à instalação da doença.

**Quadro 1 – Proposta de caracterização do problema investigado: epidemiologia e controle**

	Doença	Leptospirose humana	Principal variável	Relevância para os índices de vulnerabilidade social
	Agente etiológico	<i>Leptospira interrogans</i> (mais de 200 variantes) e <i>Leptospira biflexa</i>		
Gênese	Distribuição geográfica	Distribuição mundial, se apresentando como endêmica dos países tropicais, com destaque para grandes aglomerações urbanas	Áreas urbanas com recorrentes eventos de inundações	Alta

continua...

**Quadro 1 – Continuação**

	Doença	Leptospirose humana	Principal variável	Relevância para os índices de vulnerabilidade social
Gênese	Ocorrências em animais	Cento e sessenta espécies de mamíferos suscetíveis. Em áreas urbanas, rato de esgoto (ratazana)	Ausência de esgotamento sanitário adequado	Alta
	Ocorrências em humanos	Casos esporádicos, surtos e grupos de risco	Populações com menor renda que ocupam as periferias das grandes aglomerações urbanas	Alta
Manifestação	Modos de transmissão	- Indireta: água, solo e alimentos - Contágio imediato: mordedura de rato ou contato com animal doente	Saneamento básico: - Abastecimento de água - Coleta de lixo	Média
Controle	Medidas de prevenção	- Prevenção e controle de inundações em áreas urbanas - Políticas públicas de saneamento básico (água, esgoto e remoção do lixo) - Educação em saúde e melhoria das condições socioeconômicas da população	Alfabetização auxilia na eficácia das campanhas de prevenção e controle	Baixa

Fonte: Costa et al., 2001; Gonçalves et al., 2006; Koury e Silva, 2006; Mohana et al., 2009; Oliveira, Guimarães e Medeiros, 2009; Paula, 2003; Trevejo et al., 1998; Vilaça et al., 2009

**Quadro 2 – Atribuição de pesos para as categorias e subcategorias no mapeamento de vulnerabilidade social à leptospirose humana, cenário 1**

Ano dos dados	Categoria	Peso	Subcategoria	Peso	Variável
2010	Características dos domicílios	70%	Rede de esgoto ou fossa séptica	25%	Domicílios particulares permanentes sem rede de esgoto ou fossa séptica
			Coleta de lixo	10%	Domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo, com depósito na propriedade, em terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar
			Lixo em logradouro	10%	Domicílios particulares permanentes com lixo acumulado nos logradouros
			Moradia irregular	10%	Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados ou cedidos)
			Abastecimento de água	10%	Domicílios particulares permanentes com água proveniente de poços, rios, açudes ou chuva
	Características dos moradores	30%	Renda	25%	Total de responsáveis com renda de até 2 salários-mínimos
			Alfabetização	10%	Total de responsáveis não alfabetizados



**Quadro 3 – Atribuição de pesos para as categorias e subcategorias no mapeamento de vulnerabilidade social à leptospirose humana, cenário 2**

Ano dos dados	Categoria	Peso	Subcategoria	Peso	Variável
2010	Características dos domicílios	60%	Rede de esgoto ou fossa séptica	30%	Domicílios particulares permanentes sem rede de esgoto ou fossa séptica
			Coleta de lixo	20%	Domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo, com depósito na propriedade, em terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar
			Abastecimento de água	10%	Domicílios particulares permanentes com água proveniente de poços, rios, açudes ou chuva
	Características dos moradores	40%	Renda	25%	Total de responsáveis com renda de até 2 salários-mínimos
			Alfabetização	15%	Total de responsáveis não alfabetizados

Com base nas informações disponíveis no Quadro 1, optou-se pela construção de dois mapeamentos distintos de vulnerabilidade social, a fim de propiciar discussões a respeito das variáveis, das ponderações e da técnica adotada, que visam integrar diferentes e irredutíveis dimensões da realidade. Desse modo, nos quadros 2 e 3 são apresentadas as categorias, subcategorias e variáveis com as respectivas ponderações adotadas nos cálculos.

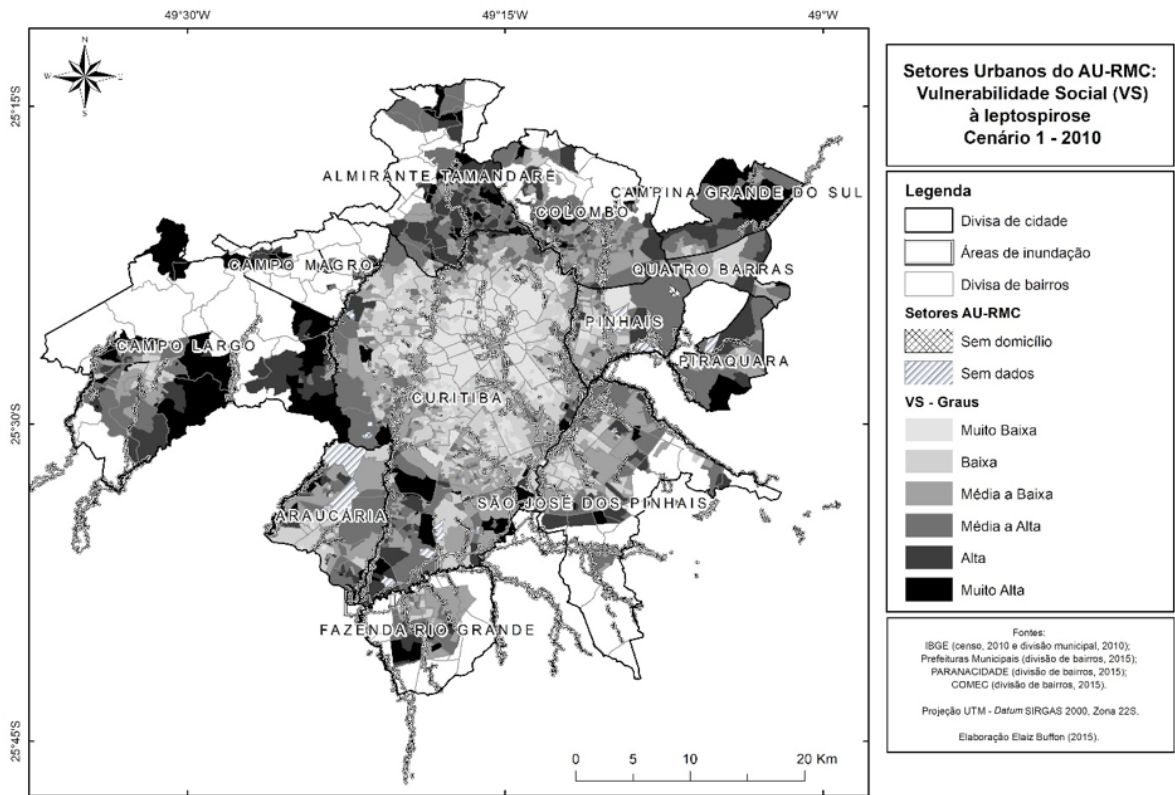
Para adicionar a dimensão ambiental foram sobrepostas no mapeamento de vulnerabilidade do cenário 1 (Quadro 2) as áreas suscetíveis às inundações, de modo a destacar uma análise integrada dos condicionantes, compondo assim a abordagem socioambiental de vulnerabilidade adotada nesta pesquisa.

## Resultados e discussões

### Vulnerabilidade socioambiental no aglomerado metropolitano de Curitiba

A integração de dados sociais, ambientais e econômicos permitiu elaborar a Figura 1, que exhibe a representação espacial dos graus de vulnerabilidade social à leptospirose humana, adicionada a demarcação das áreas de inundações. As maiores concentrações de vulnerabilidade muito baixa e baixa são identificadas em Curitiba e Pinhais (Figura 1), aspecto que se relaciona diretamente às áreas centrais e pericentrais, mais providas de infraestrutura urbana e que correspondem às áreas mais valorizadas.

**Figura 1 – Aglomerado urbano metropolitano de Curitiba: delineamento dos índices de vulnerabilidade social, cenário 1 e áreas de inundações**



Em relação aos graus de alta e muito alta vulnerabilidade, destaca-se que a distribuição espacial mais acentuada ocorre nas áreas de periferias geográficas do aglomerado (Almirante Tamandaré, Campina Grande do Sul, Piraquara, Campo Largo e Campo Magro) e também periferias sociológicas (favelas inseridas em contextos pericentrais e centrais). Nas periferias, merece destaque o delineamento dos índices alto e muito alto de vulnerabilidade nas porções de conurbações, que em sua maioria também são áreas de inundações.

No total, as áreas de vulnerabilidade muito alta e alta perfazem 37,94%. Em contrapartida, as áreas de baixa e muito baixa somam apenas 8,83% da área total do aglomerado. As condições de média a alta vulnerabilidade em conjunto com as condições de média a baixa representam um total de 53,23% (Figura 1 e Tabela 1). É importante mencionar que

essas áreas incluem todas as classes de cobertura da terra, sendo desde áreas não edificadas até as edificadas.

**Tabela 1 – Descrição estatística da vulnerabilidade social à leptospirose humana no aglomerado urbano metropolitano de Curitiba, cenário 1**

Vulnerabilidade	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Muito baixa	14.160,00	2,44
Baixa	37.123,00	6,39
Média a baixa	104.364,00	17,98
Média a alta	204.662,00	35,25
Alta	104.233,00	17,96
Muito alta	116.023,00	19,98
Total	580.565,00	100,00

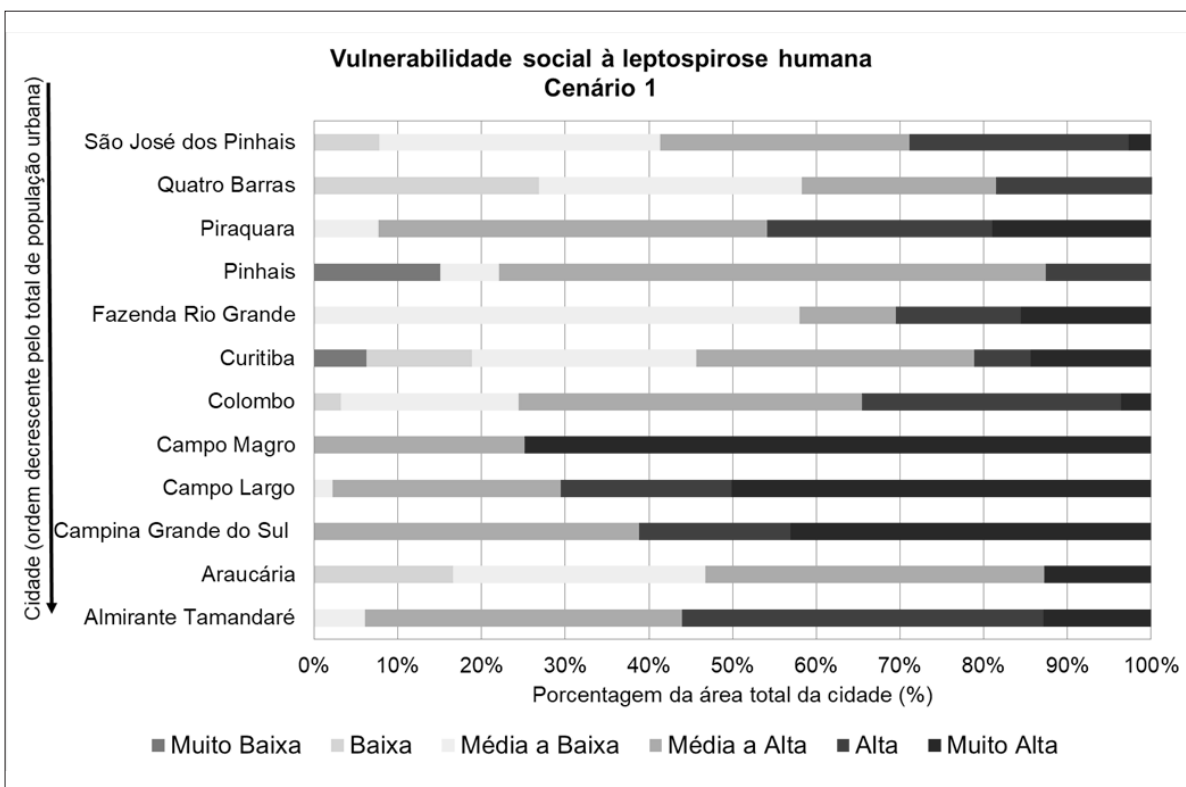


Com o propósito de analisar separadamente as condições de vulnerabilidade em cada uma das cidades, o Gráfico 1 foi elaborado. Assim, constatou-se que as cidades com maior contingente populacional são as que apresentam predominantemente condições de muito baixa e/ou baixa vulnerabilidade, com exceção de Quatro Barras. Entre as cidades, merecem destaque Pinhais e Campo Magro, a primeira com a maior porcentagem de muito baixa vulnerabilidade e ausência de muito alta, enquanto a segunda apresenta condições apenas nos índices de média a alta e muito alta vulnerabilidade - esse último índice ocorre em

50% da área da cidade. Curitiba ganha destaque, uma vez que apresenta as condições dos seis índices de vulnerabilidade distribuídas em sua área.

Em termos de localização, confirma-se que as cidades localizadas a oeste e noroeste (Campo Largo e Campo Magro) apresentam as maiores concentrações de área em condições de muito alta vulnerabilidade. As cidades localizadas no centro (Curitiba), a leste (Pinhais), a nordeste (Quatro Barras) e a sudoeste (Araucária) se destacam por apresentarem as maiores áreas nas condições de muito baixa e/ou baixa vulnerabilidade.

**Gráfico 1 – Descrição estatística dos índices de vulnerabilidade social à leptospirose humana nas cidades do aglomerado urbano metropolitano de Curitiba, cenário 1**



As constatações citadas demonstram que as periferias geográficas do aglomerado urbano evidenciam condições mais acentuadas de vulnerabilidade social à leptospirose humana. Assim, o que se apresenta são franjas urbanas deficientes em infraestrutura básica, que, conforme apontam

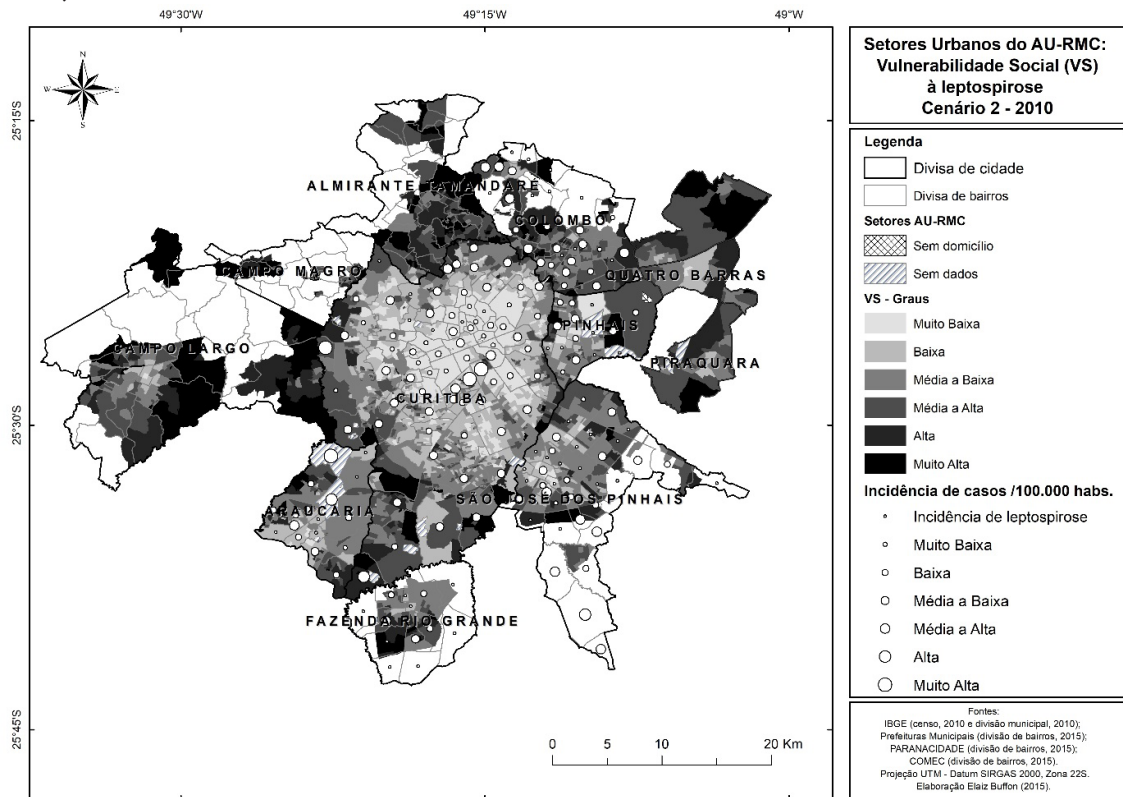
Grazia e Queiroz (2001, p. 24), seguem um “padrão segregador da urbanização brasileira; o crescimento nas periferias metropolitanas é muito maior que nos núcleos, revelando a impossibilidade da maior parte da população ter acesso às áreas equipadas, agravando as condições de vida”.

O crescimento demográfico e a expansão urbana são contínuos nesse aglomerado, sendo mais acentuados nas cidades periféricas com muitas áreas desprovidas de infraestrutura básica, conforme apresentado por diversas obras (Buffon, 2016; Comec, 2006; Lima, 2000). Essas observações expressam uma interação pertinente entre a expansão urbana desordenada e a formação de lugares vulneráveis à problemática da leptospirose humana. Marandola e Hogan (2005, p. 41) elencaram que “grupos vulneráveis são aqueles que apresentam características específicas que os tornam susceptíveis aos riscos, e na delimitação desses grupos encontram-se engendrados componentes tanto da dinâmica social quanto da dinâmica demográfica”. Neste trabalho, esses componentes foram observados a partir do indicador de vulnerabilidade, que é discutido no próximo item em face de sua validade científica e utilidade, para não incorrer na dúvida de que os resultados não correspondem à realidade.

## Possibilidades e limites dos mapeamentos de vulnerabilidade social: indicador, metodologia e aplicações

O uso de indicador, aqui denominado “vulnerabilidade”, permitiu sintetizar uma grande quantidade de dados de modo a reduzir fenômenos complexos de inter-relações em mensagens simples para uso coletivo da sociedade. Briggs (1999) define indicadores como sendo expressões que vinculam ambiente e saúde e que facilitam a interpretação na tomada de decisões. Com o objetivo de avaliar a metodologia e de realizar a comparação entre os dois cenários de vulnerabilidade, distinguidos a partir do incremento de novas variáveis no indicador (vide quadros 2 e 3), elaborou-se a Figura 2. Essa figura apresenta de modo integrado a vulnerabilidade com a incidência de casos de leptospirose por bairro, com exceção das cidades onde não foi possível calcular essa incidência (Buffon, 2016).

**Figura 2 – Aglomerado urbano metropolitano de Curitiba: delineamento dos índices de vulnerabilidade social, cenário 2**



O processo de avaliação das áreas mais vulneráveis, em ambos os mapeamentos (figuras 1 e 2), permite inferir que os padrões de delineamento dos graus de vulnerabilidade não se alteraram de modo significativo e estão associados à maior incidência de casos de leptospirose na periferia sociológica de Curitiba e na periferia geográfica do aglomerado e das cidades. As alterações nos graus de vulnerabilidade nos setores foram de baixa proporção e diversificadas espacialmente ao longo da área de estudo. Essa afirmação pode ser confirmada a partir da estatística das condições de vulnerabilidade do cenário 1 (Tabela 1) e vulnerabilidade do cenário 2 (Tabela 2), em que se apresenta que a variação máxima de dada condição entre os cenários não foi superior a 4%, sendo que a maior variação ocorreu no índice de média a alta.

**Tabela 2 – Descrição estatística da vulnerabilidade social à leptospirose humana no aglomerado urbano metropolitano de Curitiba, cenário 2**

Vulnerabilidade	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Muito baixa	12.024,00	2,07
Baixa	37.991,00	6,54
Média a baixa	101.334,00	17,46
Média a alta	182.437,00	31,42
Alta	116.699,00	20,10
Muito alta	130.080,00	22,41
Total	580.565,00	100,00

A opção de manter os dois cenários neste trabalho consiste em demonstrar o caráter válido e útil da metodologia adotada na construção do indicador de vulnerabilidade, pautada nos apontamentos de Montoya et al. (2011) quanto à integração de variáveis com a finalidade de responder a definições comuns e produzir informações padronizadas. Com isso, a fim de caracterizar a validade científica e o caráter útil da metodologia, realizou-se uma análise a partir de critérios definidos por Montoya et al. (2011).

No que se refere à validade científica, indica-se os seguintes critérios:

- Crível: utiliza dados sociais e ambientais para abordar a problemática. A definição das variáveis utilizadas pauta-se em levantamento teórico da caracterização do problema (vide Quadro 1).
- Sensível: pode ser aplicado para análise de outras problemáticas socioambientais, desde que sejam realizadas as devidas alterações de definição das variáveis e ponderações.
- Consistente: os índices de vulnerabilidade social à leptospirose humana podem ser comparados nas dimensões espaciais e temporais. Nesta pesquisa realizou-se uma comparação espacial a partir de um conjunto de cidades.
- Forte: os resultados não foram afetados por pequenas alterações na metodologia, aspecto comprovado ao comparar o cenário 1 com o cenário 2 de vulnerabilidade (vide tabelas 1 e 2).
- Representativo: exhibe as áreas de maior atenção em relação à problemática abordada, se caracterizando assim como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão.
- Exato: baseia-se em dados coletados *in loco* na área de estudo, a partir do programa do recenseamento do IBGE, além de poder ser reafirmado por trabalhos de campo após o mapeamento.
- Mensurável: não se limita a uma única área de estudo, visto que pode ser aplicado a diversas cidades, estados e países, desde que se considerem as particularidades de cada lugar.

No âmbito da utilidade, destacam-se os seguintes critérios:

- Pertinente: enfatiza análises associadas às condições de vida da população em relação à problemática - no caso deste trabalho, as condições de saúde humana.
- Transformável: não é estático no tempo e no espaço, uma vez que o cotidiano dos lugares está em constante transformação.

- **Compreensível:** a representação cartográfica a partir do mapeamento é de fácil leitura, considerando legenda, escala, orientação e outras informações relevantes.
- **Oportuno:** pode ser atualizado com a coleta de novos dados.
- **Específico:** demonstra as condições de determinado local, neste trabalho representando a delimitação de setores censitários.
- **Mensurável:** é construído a partir de dados disponibilizados gratuitamente pelo IBGE de forma on-line, sendo de fácil utilização

por meio de uma planilha eletrônica de cálculos.

- **Custo-benefício:** baixo custo financeiro, sendo que os benefícios para a interpretação de tomadas de decisões com políticas públicas são elevados.





O Quadro 4 permite visualizar alguns exemplos de paisagens, obtidas por meio de trabalhos de campo, para cada uma das classes adotadas no indicador de vulnerabilidade. Mostra-se a acurácia da representação, que é resultado da qualidade dos dados e da eficácia da metodologia adotada nos mapeamentos.

**Quadro 4 – Aglomerado urbano metropolitano de Curitiba: exemplos de condições identificadas em cada um dos índices de vulnerabilidade social à leptospirose humana**

Índices de vulnerabilidade social	Cidade	Foto representativa
Muito baixa	Curitiba	
Baixa	São José dos Pinhais	

continua...

**Quadro 4 – continuação**

<p>Média a baixa</p>	<p>Pinhais</p>	
<p>Média a alta</p>	<p>Fazenda Rio Grande</p>	
<p>Alta</p>	<p>Campo Largo</p>	
<p>Muito alta</p>	<p>Colombo</p>	



Em análise geral, tal como apresentado no Quadro 4, observou-se que nos índices de muito baixa e baixa vulnerabilidade existe predominância de verticalização e/ou condomínios de médio a alto padrão, em sua maioria concentrados nas regiões centrais das cidades. As condições identificadas nos índices de média a baixa e média a alta vulnerabilidade apresentam predominância de edificações horizontais, que em muitos casos não foram pautadas em critérios de planejamento urbano quanto a uso e ocupação da terra. Em relação às condições nos índices de alta e muito alta vulnerabilidade, denota-se que são especialmente áreas de ocupações irregulares, localizadas nas proximidades de corpos d'água e com habitações sem infraestrutura básica.

Cabe ressaltar que nos mapeamentos realizados o nível de desagregação dos dados foi de setor censitário. Assim, os dados correspondem a um padrão predominante identificado na unidade, o que por sua vez pode não representar situações específicas identificadas em campo, como uma rua com moradia irregular às margens de rios que corresponde a uma condição de muito alta vulnerabilidade, mas se encontra em um setor de média a baixa vulnerabilidade.

Esse aspecto não inviabiliza a aplicação desta metodologia como auxiliar na tomada de decisão, visto que se caracteriza como ferramenta de análise espacial, mas que necessita de constante atualização e validação em campo. Cutter (2003) esclarece que o uso de indicadores pode integrar visões geográficas e demográficas, sendo que o uso de sistemas espaciais como SIG proporciona a visualização da vulnerabilidade a partir de uma fonte diversificada de dados.

Cunha (2015, p. 60) corrobora a afirmação de Cutter (2003) quando menciona que

a cartografia da vulnerabilidade social, nas suas duas componentes, a criticidade (mais relacionada com as características das populações) e a capacidade de suporte (mais relacionada com a infraestruturação dos territórios) permite uma análise comparativa entre as diferentes áreas do país ou de cada um dos municípios, dado fundamental para uma gestão mais eficaz dos

recursos e das infraestruturas disponíveis em caso de desastre ou catástrofe, logo, também, para uma melhor adequação das diferentes políticas públicas em curso, nomeadamente das que se relacionam com a proteção civil, a emergência e o socorro.

Nos últimos anos, diversos são os autores que têm buscado metodologias e técnicas para abordar as vulnerabilidades em problemáticas socioambientais, como Almeida (2010), Freitas e Zucherato (2015), Rossini-Penteado e Ferreira (2015), Chang e Freitas (2015) e Hummell, Cutter e Emrich, (2016), que abarcam desde pequenas áreas como unidades espaciais de análise, tal como bairros, bacias hidrográficas e cidades, até áreas mais extensas, como regiões e países. As técnicas que sustentam a metodologia proposta são diversas, mas todas se apoiam no uso de SIG e suas geotecnologias para representar as condições de vulnerabilidade. Mesmo com as facilidades providas pelo uso do SIG, existe dificuldade na integração dos fatores sociais, econômicos e naturais. Essa dificuldade se relaciona diretamente à disponibilidade de dados, visto que em muitos casos não existem bancos de dados padronizados para as variáveis sociais, econômicas e ambientais que compõem o macroprocesso de uma problemática socioambiental.

Além disso, Saito, Soriano e Londe (2015) ressaltam que mesmo existindo consenso popular sobre a definição de desastres e seus termos associados, como vulnerabilidades e riscos, na dimensão acadêmica não há uma única definição até o momento que satisfaça a comunidade científica mundial e/ou nacional. Isso repercute na ausência de bancos de dados padronizados para diferentes variáveis em diferentes unidades espaciais de análises.

## Conclusões

A definição das variáveis que compõem o conjunto de condicionantes socioambientais à leptospirose humana no aglomerado urbano metropolitano de Curitiba foi o aspecto primordial que norteou a construção dos mapeamentos aqui analisados. Dessa forma, buscou-se a integração das variáveis sociais por meio das técnicas de análise multicritério e álgebra de mapas, permitindo assim sintetizar uma



gama de informações em um único indicador geral denominado “vulnerabilidade social à leptospirose humana”.

Com o objetivo de integrar as dimensões sociais e ambientais, identificou-se como possibilidade a demarcação das áreas de risco de inundação, principal condicionante ambiental da leptospirose humana. As análises realizadas confirmam que a metodologia é adequada para representar as condições de vulnerabilidade, que veiculam probabilidade de exposição em situações de risco.

Um ponto importante no encaminhamento metodológico é o baixo custo financeiro e as possibilidades de aplicação em outras áreas de estudo. Além disso, os mapeamentos podem servir de guias para visitas *in loco* que visem analisar a implantação de possíveis medidas de prevenção e de controle. Nesse sentido, destaca-se a importância do uso do indicador de vulnerabilidade para integrar uma grande quantidade de dados em um único índice que permite avaliar a formação e a configuração das condições de risco, no caso deste trabalho as condições favoráveis à manifestação da leptospirose humana.

Com a pesquisa constatou-se, ainda, que as áreas com maior distribuição espacial das condições de alta e muito alta vulnerabilidade social à leptospirose humana estão localizadas nas periferias geográfica e/ou sociológica da área de estudo. Esse aspecto relaciona-se diretamente com o fato de que os aglomerados urbanos metropolitanos no Brasil não são considerados como uma entidade política, resultando assim em medidas de políticas públicas desintegradas entre as cidades que compõem tais aglomerados, que, por sua vez, formam áreas periféricas sem infraestrutura.

Ademais, foi possível observar uma importante contribuição técnica com a aplicação do SIG na abordagem socioambiental da problemática da leptospirose humana, não como um objetivo por si mesmo, mas como um meio para se chegar a um fim. Essa ferramenta possibilita avaliar problemas ligados à saúde humana de modo espacial e temporal, se constituindo assim como um sistema de apoio à decisão espacial na implantação de políticas públicas, uma vez que os mapas retratam os lugares a partir de uma forma quantitativa que permite diversas análises.

## Referências

- ALMEIDA, L. Q. *Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará*. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- BRIGGS, D. *Environmental health indicators: framework and methodologies*. Genebra: WHO, 1999.
- BUFFON, E. A. M. *A leptospirose humana no AU-RMC (Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR): risco e vulnerabilidade socioambiental*. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, 2016.
- CHANG, M.; FREITAS, M. Mapeamento e indicadores de vulnerabilidade a extremos climáticos no estado do Paraná: uma proposta metodológica. In: CHANG, M. et al. *Metodologias de estudos de vulnerabilidade à mudança do clima*. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. p. 1-22.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. *Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba: propostas de ordenamento territorial e novo arranjo institucional*. Curitiba, 2006.
- CONSTANZA, R. et al. Quality of life: an approach integration opportunities, human needs, and subjective wellbeing. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 61, n. 2-3, p. 267-276, 2007.
- COSTA, E. et al. Formas graves de leptospirose: aspectos clínicos, demográficos e ambientais. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 261-267, 2001.
- CUNHA, L. Vulnerabilidade e riscos naturais: exemplos em Portugal. In: FREITAS, M. I. C.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. *Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território*. Rio Claro: Unesp, 2015. p. 55-62.

- CUTTER, S. L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, Philadelphia, v. 93, n. 1, p. 1-12, 2003.
- DESCHAMPS, M. V. *Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR*. 2004. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- FIRKOWSKI, O. L. C. F. A nova lógica de localização industrial no aglomerado metropolitano de Curitiba. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, n. 103, p. 79-100, 2002.
- FREITAS, M. I. C.; ZUCHERATO, B. A técnica da simetria aplicada ao mapeamento da vulnerabilidade socioambiental para a área insular de Santos/SP. In: FREITAS, M. I. C.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. *Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território*. Rio Claro: Unesp, 2015. p. 55-62.
- GIRARDI, E. P. *Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira*. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.
- GÓES-SOUZA, K. R. A evolução teórico-conceitual sobre a temática de risco e vulnerabilidade à luz das ciências sociais e naturais. In: CHANG, M. et al. *Metodologias de estudos de vulnerabilidade à mudança do clima*. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. p. 1-22.
- GONÇALVES, D. D. et al. Seroepidemiology and occupational and environmental variables for leptospirosis, brucellosis and toxoplasmosis in slaughterhouse workers in the Paraná state, Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 135-140, 2006.
- GRAZIA, G.; QUEIROZ, L. L. *O desafio da sustentabilidade urbana*. Rio de Janeiro: Fase: Ibase, 2001. (Série Cadernos Temáticos, n. 5).
- HUMMELL, B. M. L.; CUTTER, S.; EMRICH, C. T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, New York, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo agregados por setor censitário*. Brasília, DF: IBGE, 2011.
- KOURY, M. C.; SILVA, V. *Epidemiologia e controle da leptospirose humana nas regionais do município de Belo Horizonte, Minas Gerais*. Belo Horizonte: Centro Universitário Metodista, 2006. (Relatório de projeto).
- LIMA, C. A. *A ocupação de área de mananciais na Região Metropolitana de Curitiba: do planejamento à gestão ambiental urbana metropolitana*. 2000. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- MARANDOLA, E. J.; HOGAN, D. J. *Vulnerabilidade e riscos: entre a geografia e a demografia*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14., 2004, Caxambu. *Anais...* Caxambu: Abep, 2005, p. 29-53.
- MARTINELLI, M. *Curso de cartografia temática*. São Paulo: Contexto, 1991.
- MARTINELLI, M. *Mapas da geografia e cartografia temática*. São Paulo: Contexto, 2003.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- MENDONÇA, F.; DESCHAMPS, M.; LIMA, M. D. V. A cidade e as mudanças globais: (intensificação?) riscos e vulnerabilidades socioambientais na RMC - Região Metropolitana de Curitiba/PR. In: OJIMA, R.; MARANDOLA JUNIOR, E. (Org.). *Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social*. São Paulo: Blucher, 2013. p. 129-162. (Coleção População e Sustentabilidade).
- MOHANA, A. R. M. et al. Epidemiology of human leptospirosis in Trinidad and Tobago, 1996-2007: a retrospective study. *Acta Tropica*, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 260-265, 2009.

- MONTOYA, M. P. A. et al. Indicadores de saúde ambiental para a tomada de decisões. In: GALVÃO, L. A. C.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. *Determinantes ambientais e sociais da saúde*. Washington, DC: Opas, 2011. p. 155-181.
- OLIVEIRA, D. S. C.; GUIMARÃES, M. J. B.; MEDEIROS, Z. Modelo produtivo para Leptospirose. *Revista de Patologia Tropical*, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 17-26, 2009.
- PAULA, E. V. *Leptospirose humana: uma análise climato-geográfica de sua manifestação do Brasil, Paraná e Curitiba (1997-2001)*. 2003. Monografia (Bacharelado em Geografia) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- ROSSINI-PENTEADO, D.; FERREIRA, C. J. Mapeamento da vulnerabilidade para análise de riscos associados a processos geodinâmicos. In: FREITAS, M. I. C.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. *Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território*. Rio Claro: Unesp, 2015. p. 55-62.
- ROUQUAYROL, M. Z. Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças. In: ROUQUAYROL, M. Z. *Epidemiologia e saúde*. 4. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993. p. 7-22.
- ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM, M. *Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças*. 5. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1999.
- SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. *Sensoriamento remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 23-42.
- SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.
- PARANÁ (Estado). *Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2002.
- TREVEJO, R. T. et al. Epidemic leptospirosis associated with pulmonary hemorrhage: Nicaragua, 1995. *Journal of Infectious Diseases*, Chicago, v. 178, n. 5, p. 1457-1463, 1998.
- VILAÇA, P. J. et al. Identificação e delimitação de áreas prioritárias para controle da leptospirose no município de São Paulo. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 18, p. 82-83, 2009. Suplemento 1.

---

Recebido: 08/02/2017

Reapresentado: 02/01/2018

Aprovado: 26/03/2018