

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL A INUNDAÇÃO COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO URBANO

Claudia Rakel Pena Pereira
Universidade Federal Fluminense (UFF)
claudiarakel_geo@hotmail.com

RESUMO:

O adensamento urbano e os graves problemas da falta de moradia das camadas baixas e médias da população vêm se agravando e, hoje, processos de risco associados à dinâmica fluvial têm gerado gastos significativos e preocupações à gestão pública. Em vista disso, o objetivo principal deste trabalho consiste no desenvolvimento de um procedimento de análise de vulnerabilidade social a inundações, com base em ferramentas simples, que dê suporte para a solução de alguns desses inconvenientes, de forma acessível mesmo a cidades com menor capacidade técnica e de investimento. Trata-se de uma análise multicritério, representada por um índice quantitativo, denominado Índice de Vulnerabilidade Social a Inundações (IVULSI), variável de 0 a 100, capaz de conjugar fatores relacionados às características socioeconômicas da população da afetada.

Palavras-chave: Vulnerabilidade social, inundações e planejamento urbano.

GT – 14: Geotecnologias e Análise Espacial no Espaço Urbano.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com International Strategy for Disaster Reduction - UNISDR (2012), cerca de 250 milhões de pessoas vêm sendo afetadas anualmente por inundações. As inundações são, atualmente, o desastre “natural” mais generalizado e com incidência crescente, afetando assentamentos urbanos de diferentes tamanhos. No Brasil, segundo as estimativas de Swiss Re (2010), aproximadamente 19 milhões de pessoas (9,4 % da população total) estão expostas ao risco de inundações fluviais, e cerca de 14 milhões de pessoas (6,9% da população total) ao risco de enxurradas.

Saber conviver com as inundações através da prevenção/mitigação dos seus impactos adversos é um princípio que deveria ser adotado pela sociedade civil e órgãos públicos através da integração de um planejamento urbano/ambiental com a gestão de risco de inundação. Uma ação consequente de prevenção de desastres hidrológicos urbanos deve considerar um combate efetivo ao déficit habitacional, que é um problema urbano grave, que pressiona usos do solo indevidos e força parte da população para situações de risco. Parte significativa do déficit hoje existente se refere à existência de habitações precárias, sem infraestrutura mínima adequada. O provimento de novas habitações deve se desenvolver em conjunto com ações de planejamento urbano e com execução de intervenções tais, como obras de engenharia para controle de inundações, melhoria das condições de saneamento e reassentamento seletivo de moradias, para reduzir os riscos existentes a níveis aceitáveis.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho consiste no desenvolvimento de um procedimento de análise de vulnerabilidade social a inundação, com base em ferramentas simples, que dê suporte para a solução de alguns desses inconvenientes, de forma acessível mesmo a cidades com menor capacidade técnica e de investimento, para auxílio do planejamento urbano e orientação de políticas de gestão de risco de inundação, com vistas a evitar a ocupação e adensamento de áreas vulneráveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento urbano em áreas mais suscetíveis à inundação altera o percurso natural da água, aumenta as superfícies impermeáveis que reduzem a infiltração da água da chuva e aumenta as vazões superficiais para além da capacidade dos sistemas naturais de drenagem (levando a intervenções nem sempre sustentáveis, cujo foco é a adequação do próprio sistema de canais). Segundo Fainstein (2016) o planejamento urbano é responsável pelo projeto e

regulação dos usos do espaço que incidem sobre a forma física, funções econômicas e impactos sociais do ambiente urbano e na localização das diferentes atividades dentro dele.

De acordo Marandola Jr. et al. (2013), a ideia de crescimento associada a ideia de desenvolvimento estão, ambas, relacionadas à evolução positiva. Há muitos questionamentos sobre tal associação direta, mostrando que nem todo desenvolvimento é positivo, o que não raro tem sido feito destacando-se os efeitos negativos do crescimento sem limites. O autor afirma ainda, que um desastre exprime a materialização da vulnerabilidade social, ou seja, o aumento dos desastres está intimamente conectado com o crescente processo de subdesenvolvimento e marginalização social.

Onde e porque as populações urbanas vão morar não é um mero problema locacional, portanto, nem um problema a se resolver no controle do seu crescimento. A situação das populações em área de risco está mais relacionada ao processo de produção da cidade, e dos terrenos que são deixados de lado para tal segmento populacional, do que a uma inadequação na racionalidade de parcelas da população nas escolhas de seus lugares de moradia. Em outras palavras, é um problema de justiça ambiental, de exclusão e segregação (ACSELRAD, 2002; MARANDOLA JR., 2012).

Para a *National Disaster Education Coalition* – NDEC (2004) as inundações ocorrem nas chamadas planícies de inundação, quando prolongada precipitação por vários dias, intensa chuva em um curto período de tempo ou um degelo, faz com que um rio ou um córrego transbordem e inundem a área circunvizinha.

É importante ressaltar os conceitos de suscetibilidade e vulnerabilidade social, necessários para discussão e análise de risco de inundação. De acordo com UNISDR (2004), suscetibilidade se refere às condições de comunidades expostas ou elementos expostos (infraestrutura, ecossistemas, etc.) que se tornam mais propensos a experimentar danos e ser afetados negativamente por um desastre natural ou pelas mudanças climáticas. Conforme Monteiro (2011) a vulnerabilidade social pressupõe um conjunto de características, de recursos materiais ou simbólicos e de habilidades inerentes a indivíduos ou grupos, que podem ser insuficientes ou inadequados para o aproveitamento das oportunidades disponíveis na sociedade. Dessa forma, essa relação irá determinar maior ou menor grau de deterioração de qualidade de vida dos sujeitos.

A vulnerabilidade, muitas vezes, é avaliada apenas de forma subjetiva, levando em conta somente alguns fatores que contribuem para o problema e deixando de lado outros fatores

que afetam sua criticidade. A avaliação através da formulação de um índice permite introduzir uma medida quantitativa, embora não precisa da importância de um dado risco. Para De Bonis (2006) um índice é uma forma de agregar informações associadas aos indicadores de distintas naturezas e significâncias, traduzindo-os em um único valor representativo de uma situação real.

Este resultado tem por objetivo refletir o efeito conjunto do grupo de indicadores, permitindo assim comparações no tempo e no espaço. Assim, índices podem desempenhar funções diversas, tais como avaliar condições existentes; comparar lugares, situações ou alternativas; proporcionar antecedência ao advertir sobre algum efeito ou impacto de uma ação; prever futuras condições e tendências.

Ferramentas de suporte de estudo com SIG's e modelagem matemática também podem ser utilizadas nesse tipo de estudo. Os SIG's podem ser definidos como um sistema integrado de componentes: informações sobre o mundo real, previamente obtida e integrada em um banco de dados digital, contendo elementos espaciais e não espaciais, que, em conjunto com um software especializado, hardware adequado e o julgamento do usuário ou analista, são capazes de produzir soluções espaciais para problemas em áreas diversas (MAANTAY e ZIEGLER, 2006).

A modelagem matemática estuda a simulação de sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos. Segundo Bassanezi (2002), a modelagem como método científico e instrumento de pesquisa pode: estimular novas ideias, técnicas experimentais, informações em diferentes aspectos dos inicialmente previstos, interpolações, extrapolações e previsões; servir de recurso para melhor entendimento da realidade.

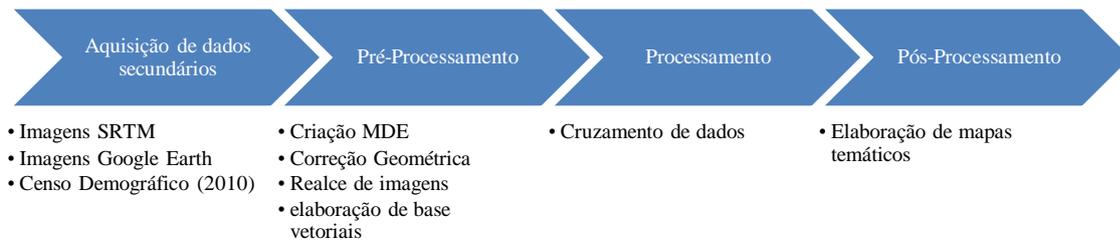
3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido o Índice de Vulnerabilidade Social a Inundação (IVULSI) para identificar às áreas socialmente vulneráveis a inundação de uma bacia, com avaliação de sua efetividade no caso da bacia hidrográfica do Rio Bacanga, em São Luís/Maranhão, no nordeste do Brasil, para orientar o planejamento urbano e subsidiar as etapas de gestão de riscos. As etapas dos procedimentos metodológicos estão descritas a seguir:

Geoprocessamento

A **Figura 1** apresenta as etapas de geoprocessamento desenvolvidas como atividade preliminar.

Figura 1. Fluxograma da Metodologia.



Índices e Indicadores

A formulação de um índice é dada pela equação matemática que traduz as relações entre os indicadores que o compõe (ZONENSEIN, 2007). O índice é composto por vários indicadores, cada um deles com um impacto representado através de seu peso. Somente se todos os indicadores integrantes de um índice forem nulos, ele também o será. Definiram-se pesos que variam de 0 - 100% (0-1), para cada variável, de modo a diferenciar o grau de importância e correlação com o fenômeno. Dessa forma, o índice é calculado a partir de um somatório ponderado de indicadores, previamente normalizados com notas de 1(mínimo) a 5 (máximo),.

Normalização

Através da compilação e análise dos dados do Censo Demográfico de 2010, espacializados em setores censitários, avaliando variáveis como renda, aglomerados subnormais, idade e educação, buscou-se identificar a população mais vulnerável à inundação da bacia hidrográfica do Bacanga. A **tabela 1** mostra os pesos adotados para a bacia do rio Bacanga.

Tabela 1. Pesos dos indicadores

Indicadores	Peso (0- 1)
Educação	0,05
Idade	0,05
Renda	0,15
Aglomerados subnormais	0,25
Densidade Demográfica	0,50

Note-se que a distribuição de pesos proposta na tabela 6 explicita a importância da população exposta, através da densidade demográfica, como elemento necessário ao cômputo da

vulnerabilidade, ficando esta variável com 50% do peso total. Os outros 50% foram distribuídos para elementos típicos de vulnerabilidade: ocupação subnormal, com peso de 25%, onde se apresenta uma infraestrutura deficiente e fragilidades urbanas notórias. A renda recebeu peso de 15%, por estar relacionada com o poder aquisitivo da população afetada. Educação e idade receberam pesos iguais entre si e com valor de 5%, estando estas variáveis relacionadas com a capacidade de resposta da população frente à inundação, destacando os grupos mais frágeis, considerando a educação formal como valor positivo para reações rápidas e a situação de idosos e crianças como população mais frágil.

Educação

Esse indicador está associado ao nível de escolaridade da população, que proporciona ou não maior capacidade de reação e, portanto, melhor capacidade de defesa e autoproteção. Utilizou-se como referência o Censo Demográfico, que relata a taxa de alfabetizados e não alfabetizados. A partir dessas considerações, procedeu-se aqui uma simplificação da escala, que utiliza lógica binária (sim ou não), de acordo com a **Tabela 2**.

Tabela 2. Normalização Educação.

Variável	Nota	Classes de Vulnerabilidade social
Alfabetizados	1	Vulnerabilidade muito baixa
Analfabetos	5	Vulnerabilidade muito alta

Idade

No contexto de desastres, no âmbito de Proteção e Defesa Civil (1998), considera-se que o grupo de pessoas mais vulnerável é composto por “crianças, gestantes, idosos e pessoas com deficiência”. Isso se deve às limitações funcionais que ampliam a vulnerabilidade em situações de desastres, já que o comprometimento de variáveis como percepção de risco, estado de alerta, atenção, agilidade e mobilidade dificultam as respostas nessas situações (**Tabela 3**).

Tabela 3. Normalização Idade.

Variável	Nota	Classes de Vulnerabilidade social
20 a 50 anos	1	Vulnerabilidade muito baixa

15 a 20 anos e 50 a 65 anos	3	Vulnerabilidade média
< 15 anos e/ou > 65 anos	5	Vulnerabilidade muito alta

Renda

Para o indicador Renda adotou-se o rendimento médio mensal domiciliar per capita como referência. As variáveis de renda foram elaboradas a partir das faixas salariais do IBGE, que determinam a classe social da população brasileira. Trata-se de um critério de cálculo fácil e objetivo, baseado no número de salários mínimos (unidade de referência brasileira) e dividido em cinco faixas de renda. Na **Tabela 4**, são representadas as classes de renda e sua normalização.

Tabela 4. Normalização Renda domiciliar per capita.

Variável	Nota	Classes de Vulnerabilidade social
Mais de 10 salários mínimos	1	Vulnerabilidade muito baixa
5 a 10 salários mínimos	2	Vulnerabilidade baixa
2 a 5 salários mínimos	3	Vulnerabilidade média
Até 2 salários mínimos	4	Vulnerabilidade alta
Sem rendimento	5	Vulnerabilidade muito alta

Aglomerados Subnormais

Os chamados aglomerados subnormais são áreas sem infraestrutura urbana adequada, que transformam bairros inteiros em locais impróprios para morar. A população que vive nesse tipo de local está mais vulnerável a danos causados por inundação. Aqui, novamente, adotou-se uma lógica binária, de acordo com a **tabela 5**.

Tabela 5. Normalização Aglomerados Subnormais.

Variável	Nota	Classes de Vulnerabilidade social
Não aglomerados subnormais	1	Vulnerabilidade muito baixa
Aglomerados subnormais	5	Vulnerabilidade muito alta

Densidade Demográfica

Para o indicador densidade demográfica foram utilizados dados relativos ao número da população por setor censitário e a área dos setores (em km²) da bacia hidrográfica do Bacanga, contidos na base de dados do IBGE (2010); portanto, já em uma escala particularizada para o estudo de caso em questão. As classes foram obtidas com base na densidade demográfica do município de São Luís, que é de 1215.69 hab./km², a densidade demográfica da bacia é de 1003.41 hab./km (Tabela 6).

Tabela 6. Normalização Densidade Demográfica.

Variável	Nota	Classes de Vulnerabilidade social
0 - 300 hab./km ²	1	Vulnerabilidade muito baixa
301 - 600 hab./km ²	2	Vulnerabilidade baixa
601 - 900 hab./km ²	3	Vulnerabilidade média
901 - 1200 hab./km ²	4	Vulnerabilidade alta
Mais de 1200 hab./km ²	5	Vulnerabilidade muito alta

Etapas de Modelagem Hidrodinâmica

A etapa de modelagem hidrodinâmica tem por finalidade conferir uma possibilidade de validar o índice proposto, principalmente no que concerne a avaliação do subíndice de susceptibilidade do meio físico à inundação.

Foi proposta a utilização de um modelo de células, o MODCEL, que parte do princípio de que uma bacia pode ser subdividida em um conjunto de comportamentos homogêneos, chamados de células de escoamento, que, em grupo ou isoladamente, representam paisagens urbanas, num arranjo tal que reproduz os padrões de escoamento, dentro ou fora da rede de drenagem, a partir das interações entre as células modeladas (MIGUEZ, 2001).

Na modelagem da bacia do rio Bacanga, foram utilizadas 196 células, representando canais um reservatório, células de planícies naturais e de planícies urbanizadas. As ligações entre elas representaram leis hidráulicas de escoamento em canais, em vertedouros e escoamentos superficiais.

O cálculo do escoamento superficial produzido na área modelada é feito pelo próprio MODCEL, utilizando-se o método Racional, para separação da chuva efetiva em cada célula. A chuva utilizada como dado de entrada no modelo foi uma chuva medida pelo posto pluviométrico (código 82280) do Instituto Nacional de Meteorologia referente – INMET, localizado próximo a bacia do rio Bacanga, no aeroporto Marechal Cunha Machado. Foi

considerado as intervenções da barragem do Bacanga, com chuva para toda bacia, com a chuva real do dia 11 de abril de 2009 utilizada no processo de calibração.

Considerou-se, também, a cota de 4.8 m como nível máximo da água na bacia. Outro fator importante para realização da simulação proposta foi à variação da maré. As marés têm amplitude que variam entre 4,2 (amplitude média) e 7,2 (marés de sizígias). Para o modelo da bacia do Bacanga foi utilizado à maré de sizígia.

4 APLICAÇÃO DO IRI À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BACANGA

Após, a sistematização dos dados aglomerados subnormais, renda, idade, densidade demográfica e educação, aplicou-se um índice para populações com vulnerabilidade social, com objetivo de auxiliar o planejamento urbano e a gestão de riscos de desastres naturais. A formulação apresentada por este índice é dada pelo cálculo da média ponderada de indicadores específicos e possui relação direta e/ou indireta com as populações vulneráveis a inundação, a partir da seguinte equação (1).

$$IVULSI = DD * 0,50 + AGL * 0,25 + REN * 0,15 + IDA * 0,05 + EDU * 0,05$$

Eq. (1)

Na determinação dos pesos dos indicadores, fixou-se como sendo o de maior importância à densidade demográfica, pois esta representa o número de pessoas possíveis de serem atingidos pela inundação (dando uma medida da exposição). Para os demais indicadores consideraram-se as características que contribuem com os maiores danos e prejuízos sociais em uma área afetada por inundação, com destaque para as áreas de ocupação subnormal. Para analisar os dados do cruzamento espacial, subdividiu-se em cinco graus de vulnerabilidade, apresentado na **Figura 2**. Foram definidas faixas de notas para cada grau de vulnerabilidade, guardando relação com as notas originais, de modo que quanto maior a nota, maior a vulnerabilidade, conforme a **tabela 7** mostrada a seguir:

Tabela 7. Notas das classes de vulnerabilidade.

Nota	Descrição
------	-----------

1 - 1,8	Muito pouco vulnerável
1,8 - 2,6	Pouco vulnerável
2,6 - 3,4	Medianamente vulnerável
3,4 - 4,2	Vulnerável
4,2 - 5	Muito vulnerável

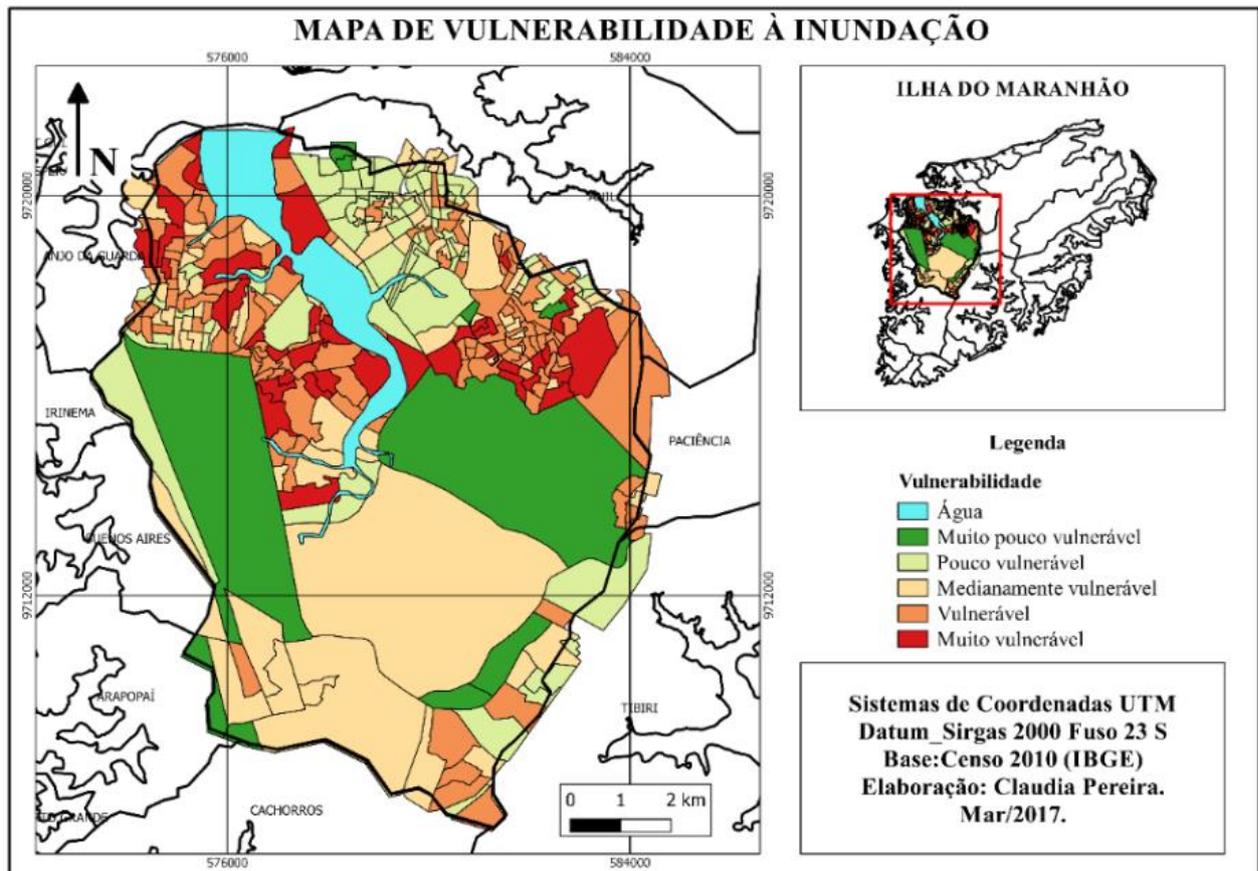


Figura 2. Mapa de vulnerabilidade social da bacia do Bacanga.

Do total da população da bacia do Bacanga, cerca de 27% estão classificadas como muito pouco vulnerável, apesar da pressão exercida pela ocupação urbana informal, a bacia ainda possui grande cobertura vegetal, devido ao Parque Estadual do Bacanga e a área de preservação permanente (APA) do Maracanã e uma região industrial; 17 % estão classificados como pouco vulnerável, onde a bacia apresenta alguns vazios urbanos próximos aos afluentes do rio principal; 20% da bacia está classificada como medianamente vulnerável, em área que abriga o centro histórico de São Luís; 21% estão classificados como vulnerável e cerca de 15% como muito vulnerável.

Comparou-se o mapa de vulnerabilidade social com o de suscetibilidade à inundação. A **Figura 3** apresenta o mapa de suscetibilidade da bacia do Bacanga, mapeada espacialmente por setor censitário, assim como o de vulnerabilidade.

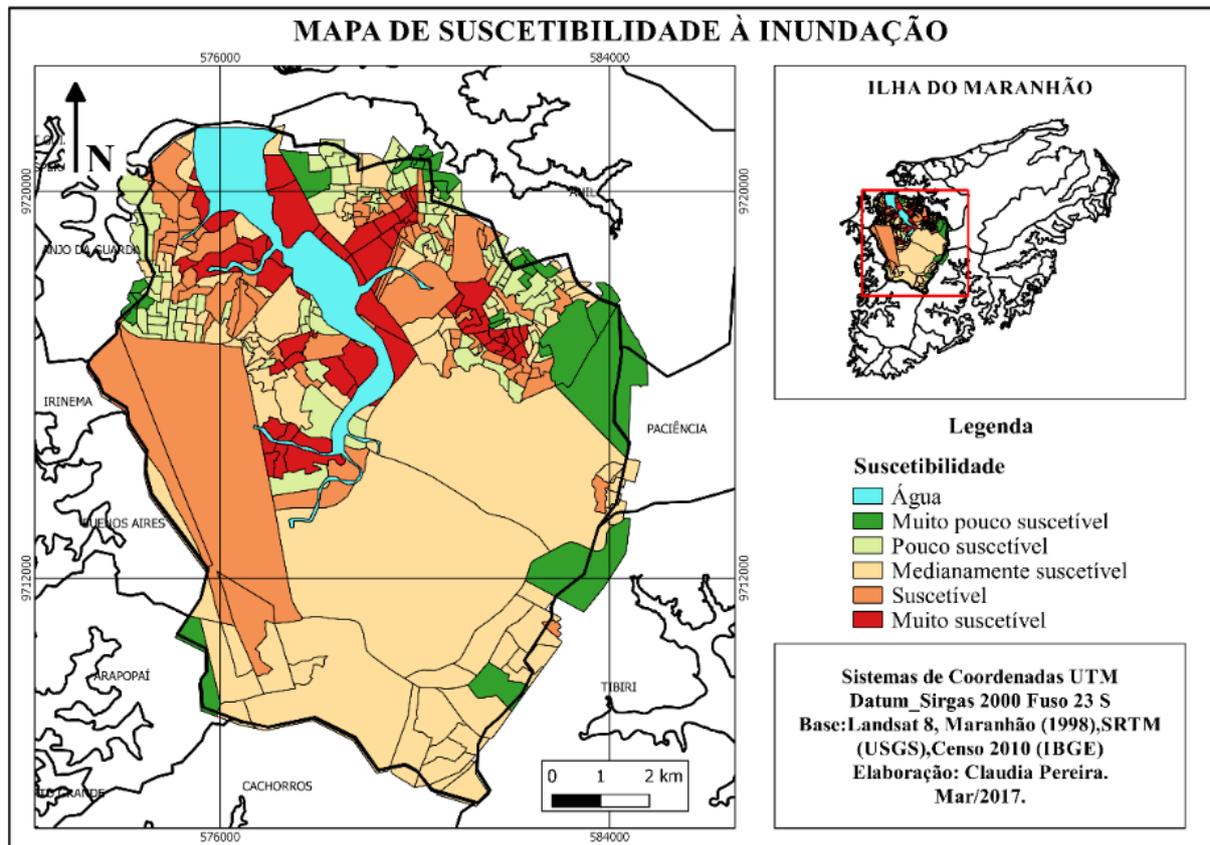


Figura 3. Mapa de suscetibilidade à inundação da bacia do Bacanga.

Na bacia do rio Bacanga, cerca de 63% da bacia têm um relevo plano, com altitudes de até 3 metros, em planícies fluviomarinhas, e de 4 a 7 metros, em planícies fluviais, o que constitui uma condição propícia às inundações. A ausência de cobertura vegetal associada a determinadas características dos solos e à intensidade das chuvas, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em inundações mais expressivas. Nota-se que as áreas que sofrem mais suscetíveis e mais vulneráveis são semelhantes.

É possível observar que as áreas de maior risco de inundação estão localizadas na planície de inundação do rio Bacanga, sendo assim, são áreas relativamente planas e baixas que de tempos em tempos recebem excessos de água que extravasam do canal de drenagem. Portanto, é um resultado que faz sentido e confirma as observações da realidade local. Os bairros

que apresentam “muito risco de inundação” são: Salinas do Sacavém, Coroadinho e Coroado (margem direita) e Anjo da Guarda (margem esquerda). Os resultados mostram que as áreas mais críticas são áreas com declividades baixas e com grande vulnerabilidade social, como esperado, de forma qualitativa.

Os pontos mais críticos, representados como “suscetíveis à inundação”, localizam-se em uma área urbana bem consolidada, onde os cursos d’água recebem forte pressão populacional. São zonas densas, com uma grande quantidade populacional, como por exemplo, os bairros Mauro Fecury II, na margem esquerda, e Coroado, Coroadinho e Salinas do Sacavém, onde a ocorrência de cheias é frequente nos períodos de chuva. As regiões que apresentam “muito pouco ou pouco” suscetível à inundação correspondem as áreas do Parque do Bacanga, APA do Maracanã e a estrada por onde passa o Trem da Vale (que liga São Luís a Parauapebas - PA), onde a densidade populacional é baixa.

As áreas suscetíveis à inundação da bacia hidrográfica do rio Bacanga são áreas socialmente vulneráveis. Na verdade, quase toda é socialmente muito vulnerável aproximadamente 90% das famílias ganham menos de dois salários mínimos. Os bairros que apresentaram maiores rendimentos foram: Parque Amazonas, Bairro de Fátima e João Paulo, com renda entre 2 a 5 salários mínimos. Essas áreas, porém, são classificadas como aglomerados subnormais. Na bacia do Bacanga, os bairros Coroado, Coroadinho, Sá Viana, Vila Embratel, Gapara, Ganharia, Vila São Luís, Mauro Fecury I e II, Vila Nova, Alto da Esperança, Tamancão, Jambeiro, Paraíso e Vila Conceição são considerados como aglomerados subnormais e a maioria deles apresenta inundações frequentes.

O problema de inundação na bacia do Bacanga é de difícil reversão, devido à ocupação consolidada em áreas muito baixas, ao longo das margens dos cursos d’água. Na **figura 4**, observa-se uma grande ocupação das áreas *non aedificandi*, em total desacordo com a legislação federal (Lei 6.766/79), tornando ainda mais complexo e custoso o controle das inundações.

Verifica-se que os resultados obtidos pelo IRI expressam a ordem de grandeza dos problemas associados à alagamentos, na área de estudo. A ponderação adotada para os indicadores selecionados indica coerência na simulação elaborada, embora a discussão sobre quais pesos utilizar seja sempre aberta. Os efeitos individuais foram expressos nos resultados finais, mostrando que as regiões críticas de inundação são as mais urbanizadas e concentram-se em áreas onde o controle do uso do solo é ineficiente.



Ressalta-se, porém, que a formulação proposta pode ser revista ou complementada, pois outras situações poderiam ser levantadas e simuladas a partir da utilização de novos indicadores, como também, eventualmente, a exclusão de algum indicador utilizado nesse estudo. Na prática, o índice proposto pode ser ajustado a particularidades de outros locais, mantendo-se a sua estrutura. Porém, como lógica geral, mostra-se uma ferramenta útil para interpretação do território, no que diz respeito à sua propensão à inundação e a uma valoração (ainda que qualitativa) dos efeitos dessas possíveis inundações sobre a sociedade.

Com o objetivo de validar a aplicabilidade da formulação proposta, comparou-se a suscetibilidade à inundação mapeada com a simulação hidrodinâmica. Cabe ressaltar que, nesse modelo, é possível medir o alagamento puro e simples, sem a quantificação de efeitos sobre o sistema socioeconômico, o que, neste estudo, é obtido através do mapa de suscetibilidade. Portanto, o índice IVULSI, que envolve aspectos socioeconômicos não pode ser medido pelo modelo. A **figura 5** apresenta a mancha de inundação obtida para as condições atuais de urbanização da bacia hidrográfica do rio Bacanga, para chuva real do dia 11 de abril de 2009, de 155,6 mm. O tempo de concentração da bacia do Bacanga é de 3,5 horas. Para distribuição

temporal da chuva foi utilizado o Método dos Blocos Alternados, também chamado de *Método Bureau of Reclamation*.

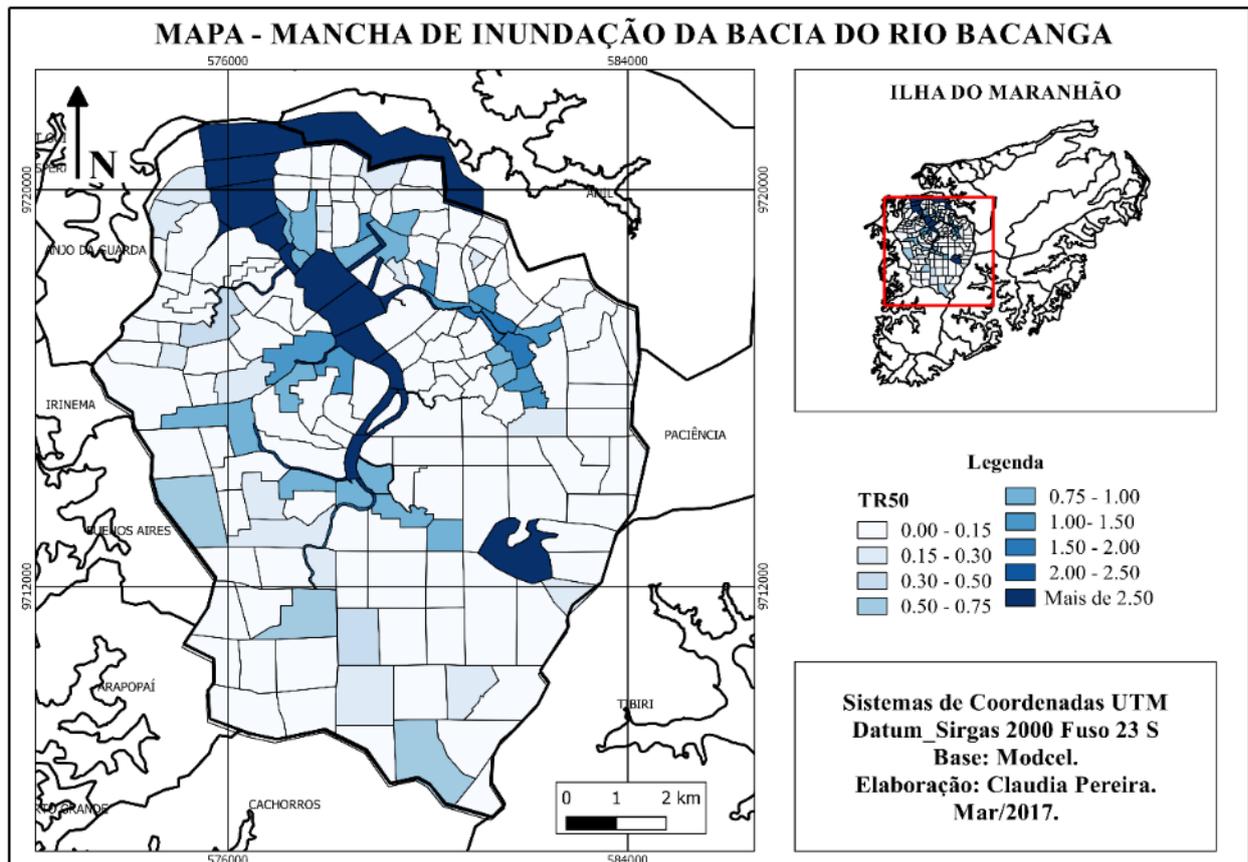


Figura 5. Mancha de inundação do rio Bacanga/ Chuva Real (11/04/2009).

A parcela de suscetibilidade do meio físico mede o perigo e, portanto, guarda relação conceitual de analogia com o mapa de alagamento de um modelo hidrodinâmico, pode ser comparada com o resultado da figura 4, para fins de validação da representação indireta que foi proposta no seu equacionamento. Dessa forma, o resultado do índice proposto pode ser considerado satisfatório, uma vez que está compatível com a realidade observada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Índice de Vulnerabilidade Social a Inundação (IVULSI) estabelece uma metodologia de análise multicritério para determinação da vulnerabilidade social a inundação, de uma forma simples, utilizando dados facilmente disponíveis, o que permite seu uso pelo público não especializado, dispensando ferramentas mais sofisticadas de modelagem matemática na etapa de planejamento.

O estudo realizado na bacia do rio Bacanga, localizada na cidade de São Luís do Maranhão, mostra a efetividade do índice proposto e desenvolvido. Os resultados estão compatíveis com o mapeamento de áreas de risco feito pela Defesa Civil de São Luís. Além disso, o subíndice relativo às características naturais da bacia, cuja reapresentação visa simular a propensão à inundação, é corroborado pelo modelo hidrodinâmico MODCEL, utilizado para produzir mapas de alagamento para a área estudada.

Por não se dispor de informações originárias de estudos anteriores, as escalas de normalização foram elaboradas de maneira intuitiva, usando referências indiretas, constituindo uma possível fragilidade deste estudo, com alternativas outras que podem ser testadas. Recomenda-se acrescentar ao estudo um teste de sensibilidade, para pesos e escalas definidas. Porém, a normalização da escala entre 0 e 100, estabelecida para o IVULSI, se mostrou apropriada, tornando tanto os indicadores quanto os resultados suficientemente intuitivos.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. **Justiça ambiental e construção social do risco**. Desenvolvimento e Meio ambiente, v. 5, p. 49-60, 2002.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**, São Paulo: Editora Contexto, 2002.

DE BONIS, A. **IDU – Índice de Drenagem Urbana**. Curso de Pós-Graduação Lato Sensu de Gerenciamento de Recursos Hídricos Integrado ao Planejamento Municipal, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006 (Monografia).

FAINSTEIN, Susan S. (2016). **Urban planning**. Encyclopaedia Britannica. Britannica Academic. Disponível: <http://cademicebbritannica.ez29.periodicos.capes.gov.br/EBchecked/topic/619445/urbanplanning>. Acesso: 07 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Perfil dos Municípios brasileiros 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

MAANTAY, J.; ZIEGLER, J. GIS for the urban environment. Redlands, ESRI Press., 2006.

MARANDOLA JR., E.; MARQUES, C.; DE PAULA, L.T.; CASSANELI, L. B. **Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo**. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 35-56, jan. /jun. 2013.

MARANDOLA JR., E. **Quatro razões para não falar sobre desastres ambientais urbanos**. In: MARTINE, G. et al. (Orgs.). População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira. Belo Horizonte: Abep, p. 151-161, 2012.

MIGUEZ, M.G. **Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas**. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

MONTEIRO, Simone Rocha da Rocha Pires. **O marco conceitual da vulnerabilidade social**. Sociedade em Debate, 17 (2): 29- 40. Pelotas, 2011.

NWS/NOAA - NATIONAL WEATHER SERVICE/NATIONAL OCEANIC ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Glossary, 2004. Disponível: <http://www.nws.noaa.gov/glossary/>. Acesso: 10 dez. 2015.

UNISDR (2012) Como Construir Cidades Mais Resilientes - Um Guia para Gestores Públicos Locais, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva.



ZONENSEIN, J. **Índice de risco de cheia como ferramenta de gestão de enchentes.**

Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia Civil. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007