



Uma nova perspectiva para avaliação de risco de inundações em espaços urbanos

Lucas Borges Leal da Silva, Júlia Santos Humberto, Marcelo Hazin Alencar, Rodrigo José Pires Ferreira, Adiel Teixeira de Almeida

O ambiente dinâmico e complexo das grandes cidades reflete o tamanho do desafio a ser enfrentado pelas sociedades pós-modernas. De fato, o planejamento urbano de grande parte das cidades não conseguiu alinhar satisfatoriamente a alta densidade populacional, a disposição de múltiplas atividades econômicas, a sustentabilidade e o atendimento (urgentes) às demandas sociais.

Particularmente, são preocupantes os efeitos danosos dos desastres naturais, que são cada vez mais recorrentes nas áreas urbanas brasileiras e internacionais, destacando-se, dentre tais desastres, as inundações. O relatório emitido pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (2018) aponta

que as inundações perfazem cerca de 50% dos eventos registrados em todo o mundo, cujos impactos ultrapassam a marca de dois bilhões de pessoas afetadas e mortas, além de as perdas financeiras alcançarem o patamar de US\$ 662 bilhões.

Como resultado disso, o gerenciamento de risco de inundações busca reconfigurar suas práticas de modo que os gestores públicos, a academia, as agências reguladoras e outras instituições remodelam a forma com que tomam decisões estratégicas, pois construir "cidades inteligentes" se torna mais que uma simples ideia: uma necessidade.

Para que se estabeleçam protocolos adequados de combate a esses eventos

indesejados, é importante observar também que muitos dos impactos oriundos das inundações são de naturezas distintas, muitas vezes são conflitantes entre si. Por esta razão, novas perspectivas que considerem estes aspectos podem ser levadas em consideração para contribuir com esse tipo particular de processo decisório.

Sobre o modelo

Nesse contexto, foi desenvolvido um modelo de decisão multidimensional e georreferenciado para priorização de risco de inundações em áreas urbanas. Para tanto, sua formulação se baseia numa abordagem multicritério. A problemática em foco permite ao gestor público uma



priorização (ou ordenamento) do risco de inundações em um conjunto de áreas (bairros ou outra divisão geográfica) de uma região urbana previa-

entre os critérios na visão do decisor. Para o modelo desenvolvido, cinco critérios são considerados. Neles, mensurações de impacto na área urbana são estabelecidas para que a metodologia possa, então, agregar os riscos em um valor global. Os critérios são os seguintes:

- Humano: a vulnerabilidade e exposição do sistema urbano, combinado com altos níveis de severidade de inundação, levam a fatalidades;
- Social: compreende a assistência social demandada

evento indesejado;

- Acessibilidade a serviços públicos: a severidade de uma inundação pode interromper atividades essenciais à população, como disponibilização de assistência médica, segurança, educação, lazer e cultura. Medida em % de serviços essenciais interrompidos.

Cabe avaliar que, na prática, os impactos de todos os critérios estão sujeitos ao comportamento probabilístico da ocorrência e intensidade da inundação, o que justifica as ferramentas

A problemática em foco permite ao gestor público uma priorização (ou ordenamento) do risco de inundações em um conjunto de áreas (bairros ou outra divisão geográfica) de uma região urbana previamente delimitada, de forma que ações de mitigação e alocação de recursos sejam implementadas estrategicamente *a posteriori*

mente delimitada, de forma que ações de mitigação e alocação de recursos sejam implementadas estrategicamente *a posteriori*.

O decisor insere a subjetividade no processo na forma de preferências quanto ao *tradeoff* entre os critérios envolvidos no problema. Entende-se por *tradeoff* a existência de compensação

cujos danos sociais são representados pela quantidade de pessoas desabrigadas com a ocorrência da inundação;

- Econômico: inclui perdas financeiras de ativos, de comércio e serviços;
- Saúde Pública: relacionada à necessidade de atuação pública para assistência médica a pessoas lesionadas ou feridas pela ocorrência do

empregadas para calcular o risco multidimensional.

Desafios complexos exigem ferramentas estratégicas

Aspectos de incerteza são considerados pelo modelo, que usa o método MAUT e elementos da Análise da Decisão na sua construção.

Em suma, estas ferramen-





tas consideram probabilidades *a priori* quanto ao fator não controlado pelo decisor, neste caso em pauta, a lâmina d'água de inundação. O modelo proposto estabelece cenários de perigo que representam níveis distintos de severidade de inundação, cujos impactos em cada critério são estimados pelo que se chama de "funções consequência". Estes parâmetros são embasados por dados históricos ou expertise de especialistas.

As preferências do decisor são estimadas por "funções utilidade". Em outras palavras, em termos de valores esperados das consequências, a utilidade representa o nível de desejabilidade do decisor. Também é resultado desta fase, a obtenção das constantes de escala que representam a avaliação intercritério.

Combinadas, as funções permitem que o modelo calcule os riscos multicritério, ordenando as áreas em termos do risco de inundação.

A informação fornecida pelo modelo pode ser inter-

pretada como a melhor forma de priorizar ações mitigadoras, alocar recursos e implementar medidas estruturais e não-estruturais de combate ao desastre natural. Destaca-se que a recomendação apresentada não é uma solução ótima, uma vez que se torna impossível alcançar os objetivos em todos os critérios simultaneamente; aqui, fala-se em uma solução de compromisso que, segundo as preferências do decisor, seja a mais adequada para o contexto.

Para subsidiar a decisão final do decisor, o modelo dispõe de georreferenciamento e visualização gráfica dos resultados, com mapeamento do risco multicritério obtido pela metodologia empregada e recursos visuais para aumentar a percepção do gestor sobre o risco de inundação na região em estudo.

Impactos e contribuições na tomada de decisão

Uma aplicação numérica

foi realizada em uma região político-administrativa (RPA) da cidade do Recife, composta por 12 bairros localizados na zona oeste da área urbana. Trata-se de uma das regiões mais susceptíveis aos efeitos danosos das inundações, com baixa cobertura do sistema de drenagem e saneamento, além da presença de moradias em áreas de instabilidades (morros ou encostas). Por meio das técnicas apresentadas, o modelo foi consistente e em consonância com o relatório de gestão local apresentado na Conferência Nacional para a Mudança Climática (2019).

Podem-se destacar outras importantes contribuições do modelo: ele é replicável em qualquer espaço urbano, e promove um ambiente colaborativo entre todos os atores envolvidos no processo. A vasta gama de informações permite que academia, agências de monitoramento, setores industriais integrem suas atividades a fim de compartilhar os benefícios de uma boa gestão de inundação.

Por fim, previsões climáticas futuras podem ser consideradas no modelo em decisões a longo prazo, a fim de construir cidades resilientes frente às mudanças climáticas. Sendo assim, entre outros benefícios, o modelo contribui com uma nova perspectiva para construirmos, somando múltiplos esforços, cidades inteligentes.



**Lucas Borges
Leal da Silva**



**Júlia Santos
Humberto**



**Marcelo Hazin
Alencar**



**Rodrigo José
Pires Ferreira**



**Adiel Teixeira
de Almeida**

Os Pesquisadores

Lucas Borges Leal da Silva

É doutorando em Engenharia de Produção, com foco em Pesquisa Operacional, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pela mesma instituição é graduado em Engenharia Civil (2017) e Mestre em Engenharia de Produção (2019). É membro colaborador do Grupo de Pesquisa REASON.

Júlia Santos Humberto

É professora do Centro Universitário CESMAC com atuação no curso de graduação em Engenharia de Produção. Obteve mestrado em 2020 em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Tem graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário CESMAC (2017), com intercâmbio na Lakehead University (2014 – 2015), e graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (2017).

Marcelo Hazin Alencar

É professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, onde atua como coordenador no Grupo de Pesquisa em Análise de Risco e Modelagem em Meio-ambiente, Ativos, Segurança, Operações e Natureza (REASON).

Rodrigo José Pires Ferreira

Professor Associado da Universidade Federal de Pernambuco. Concluiu o Doutorado em 2008, fez Mestrado e Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco. Realizou um intercâmbio durante o Doutorado e está-

gios de pós-doutorado na Universidade de Salford na Inglaterra e na Universidade de Alberta no Canadá. Desde 2016 é vice-coordenador do Mestrado Profissional em Engenharia de Produção (Recife).

Adiel Teixeira de Almeida

É professor titular da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde atua como coordenador do Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (www.cdsid.org.br). Tem trabalhado no desenvolvimento e avanços metodológicos em apoio a decisão com múltiplos objetivos e de decisão em grupo, e na aplicação de métodos em diversos contextos, incluindo modelagem estratégica, gestão de portfólio, gestão de projetos, terceirização, gestão da informação, gerenciamento de riscos, engenharia de confiabilidade e manutenção, e qualidade.

Contato

borgesleal.lucas@gmail.com

Referência

Da Silva, L.B.L.; Humberto, J.S.; Alencar, M.H.; Ferreira, R.J.P.; De Almeida, A.T. GIS-based multidimensional decision model for enhancing flood risk prioritization in urban areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 48, p. 101582, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101582>

