



ADAPTAÇÃO INTERNACIONAL DO MODELO HAZUS-MH PARA ESTIMATIVA DE PERDAS POR INUNDAÇÕES EM CURITIBA-PR

INTERNATIONAL ADAPTATION OF HAZUS-MH MODEL TO FLOOD LOSS ESTIMATION IN CURITIBA-PR

Edilberto Nunes de Moura.¹

Jesse Ryan Rozelle²

Resumo

A inundação   o tipo de desastre mais recorrente no Brasil, com mais da metade de eventos cadastrados e elevado prejuízo econ mico ao país, segundo dados publicados no *The International Disaster Database* (2015). Apesar disso, as avalia es de perdas por inunda es no Brasil, ainda são feitas através de formulários de informa es sobre o desastre, um método demorado e subjetivo. Neste trabalho são apresentados os procedimentos de adapta o do sistema de estimativa de perdas HAZUS-MH para condi es brasileiras, a partir da cria o do inventário de dados e a cria o de cenários de inunda es na cidade de Curitiba, Paraná. O HAZUS-MH   uma metodologia padronizada e aplicável para os Estados Unidos da América, que utiliza modelos de estimativas das perdas potenciais das principais tipologias de desastres. O modelo adaptado para Curitiba foi criado para funcionar com a versão disponível do Hazus 3.1, suportada por um Sistema de Informa o Geográfica. O trabalho partiu da cria o de um Inventário de dados e a incorpora o de dados do relevo local. O modelo adaptado foi capaz de realizar análises de perdas por inunda es em cada edifica o. Observou-se que 51% das estruturas afetadas são do tipo Comercial e 35% Residencial. Os resultados mostraram também que, cerca de 22% das edifica es atingidas diretamente pela inunda o apresentaram um nível de dano maior que 75%. Apesar dos resultados, o estudo ainda não permitiu quantificar as perdas em valores monetários. Entretanto, considera-se que o HAZUS-MH adaptado tem significativo potencial para a melhoria nas nossas estimativas de perdas promovidas por inunda o.

Palavras-chave: Hazus. Inunda o. Estimativa de perdas. SIG. Planejamento Urbano.

Abstract

Flooding is the most iterant type of natural disaster in Brazil, being more than half of the registered cases and causing high economic damage to the country, according to data published in The International Disaster Database (2015). However, the rating of flood losses in Brazil are still made

¹ Doutor, Pontif cia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), grupo de pesquisa Gest o Ambiental e Sustentabilidade, e-mail: edilberto.moura@pucpr.br .

² Mestre, Federal Emergency Management Agency (FEMA), e-mail: Jesse.Rozelle@fema.dhs.gov .

through disaster information forms, which is a time-consuming and subjective method. In this paper, procedures will be presented to adapt the HAZUS-MH loss estimation system into Brazilian conditions, based on the creation of a data inventory and the flood scenarios in the city of Curitiba, Paraná. HAZUS-MH is a standardized and applicable methodology for the United States of America, which uses models of loss estimation from major disaster typologies. The model adapted for Curitiba was created to work with the available version of Hazus 3.1, supported by a Geographic Information System. The work started with the creation of a Data Inventory and the incorporation of local terrain data. The adapted model was able to perform an analysis of flood losses in each building. It was accurate that 51% of the affected structures are Commercial and 35% Residential. The results also showed that about 22% of buildings directly affected by the flood had a level of damage greater than 75%. Despite the results, the study did not yet allow quantification of losses in monetary values. However, it is considered that the adapted HAZUS-MH has significant potential for improving our flood loss rates.

Keywords: Hazus. Flooding. Loss estimation. GIS. Urban Planning.

Introdução

As inundações figuram como uma das tipologias de desastre mais recorrentes no Brasil, com 58% do total de eventos cadastrados, e um prejuízo aproximado de 9 bilhões de dólares, o que corresponde a 40,8% do total de prejuízos causados por desastres no país entre os anos de 1900 e 2015 (OFDA/CRED, 2015). Apesar desse cenário, as avaliações de perdas por inundações no Brasil, ainda são feitas através de formulários de informações sobre o desastre, mais especificamente o Formulário de Informações do Desastre (FIDE), que é o formulário padrão brasileiro (MI; SEDEC, 2007b; BRASIL, 2012a). Também há registros do uso do formulário DaLA (*Damage and Loss Assessment*) no país, desenvolvido em 1972 pela Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL), da Organização das Nações Unidas (WORLD BANK, 2010).

A avaliação de perdas através de formulários é um método demorado e subjetivo, o que pode acarretar em avaliações pouco precisas e com resultados voltados às ações pós desastres, e não para adoção de medidas de prevenção e mitigação.

Merz *et al.* (2010) relatam que a estimativa de danos econômicos por inundação está ganhando maior importância à medida que o gerenciamento de riscos de inundação está se tornando a abordagem dominante das políticas de controle de enchentes em toda a Europa.

Em um de seus estudos sobre impactos de inundação em ambiente urbano e rural na bacia do rio Ichinomiya no Japão, Dutta *et al.* (2006) utilizaram um modelo baseado em SIG para estimar as perdas econômicas antes e após a implantação de um plano de controle de inundações. Com isso, esses autores foram capazes de verificar uma redução de até 70% nos danos, devido às ações de controle.

Nesse trabalho são apresentados os procedimentos de adaptação do sistema de estimativa de perdas HAZUS-MH para condições brasileiras, a partir da criação do inventário de dados da cidade de Curitiba – Paraná, e a criação de cenários de inundações na área de estudo.

Acredita-se que tal ferramenta poderá ser utilizada como suporte na concepção de mapas de riscos, assegurando recursos no planejamento de emergências, respostas ao desastre e indicativo dos prejuízos com mais rapidez e menos subjetividade.

Revisão de literatura

Hazus-MH (Hazard United States – Multiple Hazards)

O Hazus-MH é uma metodologia padronizada e aplicável para os Estados Unidos da América, que utiliza modelos de estimativas das perdas potenciais de terremotos, inundações, furacões e tsunamis. A fim de padronizar os métodos usados para estimar perdas dos perigos naturais, a *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) iniciou um esforço para combinar métodos da estimativa de perdas, com inventário de bancos de dados, tudo dentro de um *Framework* de *software* de Sistema

de Informação Geográfica (SIG) (SCHNEIDER; SCHAUER, 2006). Ele ilustra graficamente os limites de locais de alto risco desses eventos. E assim, os usuários podem então visualizar as relações espaciais entre as populações e outros ativos geográficos de forma mais permanente ou recursos para o perigo específico que está sendo modelado, uma função crucial no processo de planejamento pré-desastres.

O Hazus-MH é utilizado fundamentalmente nas etapas de mitigação e recuperação, bem como a preparação e resposta a esses eventos. Outra possibilidade de uso seria na etapa de avaliação do processo de planejamento de mitigação, que é a base para a estratégia de longo prazo de uma comunidade para reduzir as perdas de desastres e quebrar o ciclo de danos de desastres, reconstrução e danos repetitivos (FEMA, 2004).

A mitigação de risco bem-sucedida para comunidades requer uma abordagem de risco múltiplo, o que levou ao desenvolvimento da Modelo Hazus-MH. Um modelo para estimar danos causados por terremotos foi originalmente desenvolvido no início da década de 1990 para fornecer estimativas espaciais de perdas (KIRCHER; WHITMAN, 2006).

O modelo expandiu a funcionalidade para incluir um modelo de furacão (VICKERY *et al.*, 2006), e um modelo de inundação que examina danos devido a inundações ribeirinhas e costeiras devido aos perigos do furacão (SCAWTHORN; FLORES, 2006).

As informações objetivas fornecidas pelo Hazus-MH podem ser combinadas com informações espaciais sobre vulnerabilidade social para examinar os padrões de impactos de danos absolutos, bem como impactos relativos que representam variáveis sociodemográficas, planejamento de mitigação de perigos mais efetivos (BURTON; CUTTER, 2008).

O modelo HAZUS-MH merece destaque pela possibilidade de internacionalização, desde que os dados utilizados sejam adaptados. A versão americana, com a plataforma de SIG ArcGIS e um extenso banco de dados dos Estados Unidos, possibilita a estimativa de perdas físicas, econômicas e sociais causadas por um desastre em determinada região. Os resultados fornecidos na forma de mapas, relatórios e tabelas, podem ser utilizados antes que o desastre ocorra, possibilitando a tomada de ações para o aumento da resiliência da região. E durante a ocorrência do evento, identificando locais prioritários de ação e após o evento, estudando formas de reduzir perdas em eventos futuros.

Embora tenha sido desenvolvido para utilização nos Estados Unidos, diversos esforços vêm sendo realizados no sentido de internacionalizar a utilização do HAZUS-MH, principalmente pela comunidade acadêmica europeia. O sistema se utiliza de dados, que devem ser ajustados para a realidade do país onde se queira trabalhar, como as características geográficas da região, um histórico de perdas e danos causados por eventos anteriores, dados estruturais e demográficos da região e parâmetros de cálculo de perdas.

Alguns estudos de caso do uso internacional do HAZUS-MH têm sido realizados nos últimos anos em regiões fora dos Estados Unidos. Um dos primeiros estudos bem-sucedidos foi realizado por Bausch (2010, apud KAVECKIS, 2011), que desenvolveu uma avaliação do terremoto no Haiti em 2010, com o foco principal de formação de banco de dados para a avaliação de possíveis danos. Não havia publicações sobre a utilização internacional do modelo de inundação do HAZUS-MH, até Kulmesch (2010, apud KAVECKIS, 2011) desenvolver manualmente um inventário de uma região na Áustria para a estruturação de um modelo de inundação no HAZUS-MH. Um estudo realizado por Kaveckis (2011) mostrou como o HAZUS-MH poderia contribuir significativamente para apoiar o *European Flood Directive* (requer que os países membros mapeiem o risco de inundação de seus cursos d'água e tomem medidas para reduzir os riscos) a nível nacional.

O presente trabalho descreve os procedimentos realizados para adaptação do sistema Hazus módulo inundações, para a cidade de Curitiba, Paraná. Essa adaptação envolveu um prévio diagnóstico das necessidades do sistema, a criação e incorporação de um inventário de dados, modificações nos sistemas de referência espacial e a criação dos primeiros cenários de inundações no município.

Procedimento metodológico

Área de Estudo

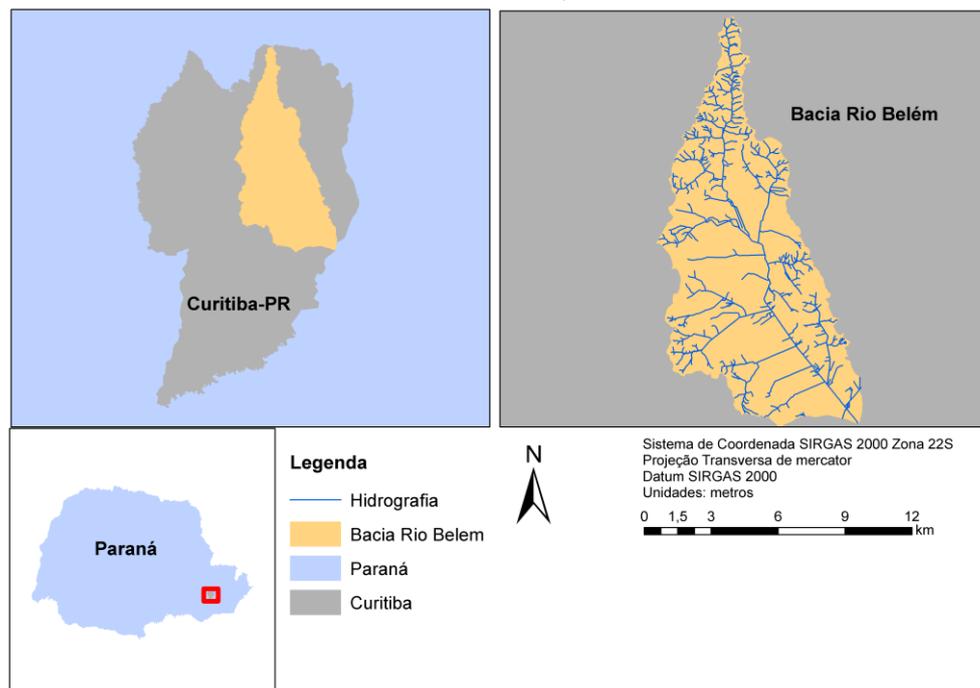
Os cenários de estudo foram feitos na Bacia Hidrográfica do Rio Belém (Figura 1), já que ele é considerado um dos principais rios que atravessam Curitiba, abrigando aproximadamente 50% da

população da cidade e está completamente inserida nos seus limites. A bacia é totalmente urbanizada com as maiores densidades demográficas da Região Metropolitana de Curitiba (IPARDES, 2012).

O leito do Rio Belém já não possui o mesmo desenho natural de sua origem. Em alguns trechos foi retificado acompanhando o desenho urbano, em outros o leito foi canalizado ou ainda corre no subterrâneo da cidade, emergindo em alguns momentos e resistindo às pressões da intensa ocupação urbana.

As edificações estão presentes ao longo de todo o percurso, muitas delas implantadas sem considerar a faixa mínima de drenagem. A variação de volume das águas do rio pode, eventualmente, levar ao transbordamento. Situação agravada com a presença da ocupação urbana.

Figura 1 – Bacia do Rio Belém no contexto de Curitiba/PR.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em IPPUC (2011), 2018.

Visão geral do módulo de inundações

A análise de inundações no HAZUS-MH pode ser realizada em três diferentes níveis: no primeiro se utiliza o banco de dados nacional disponível no próprio *software*; no segundo, um usuário com maior experiência pode inserir dados locais adicionais; e no terceiro, um usuário avançado pode realizar ajustes nas curvas de profundidade-prejuízos (FEMA, 2004).

Karamahmut (2006) salienta que este método possibilita estimativas rápidas no primeiro e segundo níveis, porém os resultados só seriam acurados com a utilização do terceiro nível, que requer dados mais detalhados do local e ajustes nas curvas de profundidade-prejuízo utilizadas.

O Hazus módulo inundações para Curitiba foi criado para funcionar com a versão disponível do Hazus 3.1, suportada pelo ArcGIS 10.2.2, e de acordo com o último modelo de banco de dados (*SQL Spatial* ao invés do formato *Geodatabase* da ESRI®). Isso já tem possibilitado novos avanços na metodologia de adaptações do Hazus módulo enchentes, como correções de *bugs* do *software* e outras melhorias de funcionalidades. Isso também irá garantir que o modelo se torne sustentável por mais tempo sem depreciação devido à obsolescência do Hazus em relação à incompatibilidade de versões com o ArcGIS.

Inventário de dados

A primeira etapa do trabalho foi a criação de um banco de dados geográficos, denominado como Inventário de dados. Os dados geográficos necessários foram adquiridos originalmente em formato *shapefile* (*shp*), através dos sítios de Internet de órgãos municipais e estaduais do Paraná. Todos eles de domínio público, de fácil acesso e sem custos de aquisição. Sendo a criação,

organização e o armazenamento do inventário de dados feitas em formato Linguagem de Consulta Estruturada (SQL – *Structured Query Language*).

O HAZUS utiliza o inventário para estudar as características populacionais e ambientais que podem ser impactadas, estimar perdas em caso de desastre e auxiliar equipes de emergência, planejadores e tomadores de decisão.

A Tabela 1 apresenta de forma resumida os componentes do Inventário de dados, composto pelas classes de dados utilizados, a composição de cada classe e o tipo de representação que aparece na interface computacional.

Tabela 1 – Estruturas componentes do Inventário de Dados.

Inventário de Dados		
Classes de Dados / Dataset	Representação	Componentes
Infraestruturas Essenciais	Linha, polígono e ponto	Sistemas de água e energia, escolas, hospitais, distrito de polícia, corpo de bombeiros;
Sistema de Transporte	Linha e ponto	Infraestrutura viária e rotas de linhas de ônibus;
Dados Hidrológicos	Linha, polígono e ponto	Áreas inundadas, pontos inundados, vazões, velocidades, tempos de retorno para 10, 25, 50 e 100 anos;
Dados Demográficos	Linha, polígono e ponto	Censo Demográfico 2010, divisas territoriais entre bairros de Curitiba;
Estoque Geral de Construção	Linha e polígono	Lotes urbanos, descrição e áreas construídas;

Fonte: Autores (2018).

Modelo digital de elevação (DEM)

O módulo de inundação do Hazus utiliza também como dado de entrada, o modelo digital de elevação (DEM) para gerar o relevo de uma da região de estudo, delinear a rede de fluxo de água e assim, agregar os dados hidrológicos e hidráulicos dos recursos hídricos da região.

Um DEM de 10 metros de resolução espacial foi utilizado na adaptação, obtido também através de sítio de Internet, no caso do órgão estadual Instituto Águas Paraná.

Para os cálculos, que necessitam de referências espaciais nos processos de delimitação de risco de inundação, o módulo de inundação do Hazus, por predefinição, utiliza a referência espacial denominada Projeção Cônica Equivalente de Albers. Isto é ideal para medições de área nos Estados Unidos, mas não é uma projeção ideal para outros continentes.

O módulo de inundação de Hazus tem uma etapa de reprojeção codificada rígida, que projeta qualquer entrada DEM na Projeção Cônica Equivalente de Albers. Para contornar esta etapa, foi desenvolvida uma ferramenta de *script* em linguagem *Python* denominada de "*Hazus International Flood*".

Uma vez que uma região de estudo internacional do Hazus módulo de inundações é criada e o DEM para a área de estudo é importado, o Hazus irá converter o DEM para Projeção Cônica Equivalente de Albers. A ferramenta criada em *Python* foi então executada, com os parâmetros do nome da região de estudo inseridos. Após a execução, a ferramenta entrou em sua região de estudo no Hazus e reprojeteu essa região de volta à sua projeção nativa. Após esses procedimentos, não há mais etapas de reprojeção forçada. Essa etapa, no entanto, deverá ser repetida cada vez que uma região de estudo de inundação é construída.

Inventário de edificações

O modelo de inundação do Hazus adaptado para Curitiba, foi capaz de realizar análises de perdas por inundações, edificação por edificação, pela integração dos dados das construções com os dados de parcelamento do solo. Isso possibilitou análises para toda a cidade, com estimativa de perda no nível da edificação. A combinação de ambos os conjuntos de dados criou o inventário de edificações da cidade.

O modelo de inundação relaciona o nível da elevação de água ao dano causado a cada estrutura com base nos seguintes atributos: tipo de ocupação, número de andares, altura do primeiro

andar, tipo de fundação, valor da edificação e conteúdo. Entretanto, nessa adaptação, foram considerados apenas os três primeiros atributos anteriormente mencionados.

Atributos do Hazus módulo de inundações - Tipo de Ocupação

Os tipos de ocupação das edificações foram classificados com base nos critérios do Manual Técnico do Hazus CDMS (*HAZUS Technical and User's Manuals*), organizados e apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Classes de Ocupação do Hazus

Código	Classe de Ocupação	Exemplo
Residencial		
RES1	Habitação Unifamiliar	Casa
RES2	Casa móvel	Casa móvel
RES3	Habitação Multifamiliar	Apartamentos / Condomínio
RES4	Alojamento temporário	Hotel / Motel
RES5	Dormitório Institucional	Dormitório coletivo (militar, colégios); Penitenciária
RES6	Enfermaria	
Comercial		
COM1	Comércio de varejo	Loja
COM2	Comércio atacado	Armazém
COM3	Serviços pessoais / reparos	Estação de serviço / loja
COM4	Serviços profissionais / técnicos	Escritórios
COM5	Bancos	
COM6	Hospital	
COM7	Clínica médica	
COM8	Entretenimento / Recreação	Restaurantes / Bares
COM9	Teatros	
COM10	Estacionamento	
Industrial		
IND1	Pesada	Fábrica
IND2	Leve	Fábrica
IND3	Alimentos / Farmacêutica / Química	Fábrica
IND4	Processamento de Metais / Minerais	Fábrica
IND6	Construção	Escritórios
Agricultura		
AGR1	Agricultura	
Religião / Sem fins lucrativos		
REL1	Igrejas / Non-Profit	
Governo		
GOV1	Serviços gerais	Escritórios
GOV2	Instalações Essenciais	Posto de Polícia / Bombeiros
Educação		
EDU1	Escolas de primeiro grau	
EDU2	Colégios / Universidades	Não inclui dormitório coletivo

Fonte: Elaborada pelo autor a partir do Manual Técnico do Hazus CDMS.

Dados Hidrológicos

O modelo de inundação Hazus pode delinear um perigo de inundação de duas maneiras diferentes: através de uma análise probabilística ou uma abordagem de descarga única, determinística. Para construir a capacidade de análise probabilística (da primeira) é necessária uma extensa rede de medição de fluxo local, com medições de múltiplos períodos de retorno e o desenvolvimento de frequências interpoladas para fluxos entre estações de medição, utilizando equações de regressão. A abordagem probabilística está além do escopo deste trabalho, de modo que, uma abordagem determinística para a criação de dados de risco hidrológico foi perseguida.

Para usar o modelo de descarga de fluxo determinístico de Hazus, o usuário requer descargas de fluxo para diferentes alcances de fluxo para entrada no modelo. Os escoamentos de corrente com os fluxos de descarga para períodos de retorno variáveis foram obtidos e podem agora ser facilmente utilizados para especificar as descargas de corrente desejadas para a delimitação do risco de inundação.

A vazão de descarga de 318,92 m³/s para um período de retorno de 100 anos foi utilizada nesse trabalho, documentados e extraídos do Plano de Diretor de Drenagem – Bacia Alto Iguaçu (2009).

O modelo também permite a entrada de dados relativos à rugosidade da superfície de estudo, representados pelo coeficiente n de Manning, que interfere significativamente no escoamento superficial da água. Para isso, foi necessário elaborar uma camada de uso e ocupação da área de estudo com suporte de um SIG. Imagens em formato de ortofotos com resolução espacial de 0,40 metros foram processadas, através do método de Classificação Não Supervisionada por Agrupamentos (*Iso Cluster Unsupervised Classification*) no ArcGIS, originando uma camada com quatro classes predominantes Água, Vegetação, Solo Descoberto e Urbanização. Os valores de n de Manning utilizados no modelo foram 0,03 para água e 0,013 correspondente à urbanização.

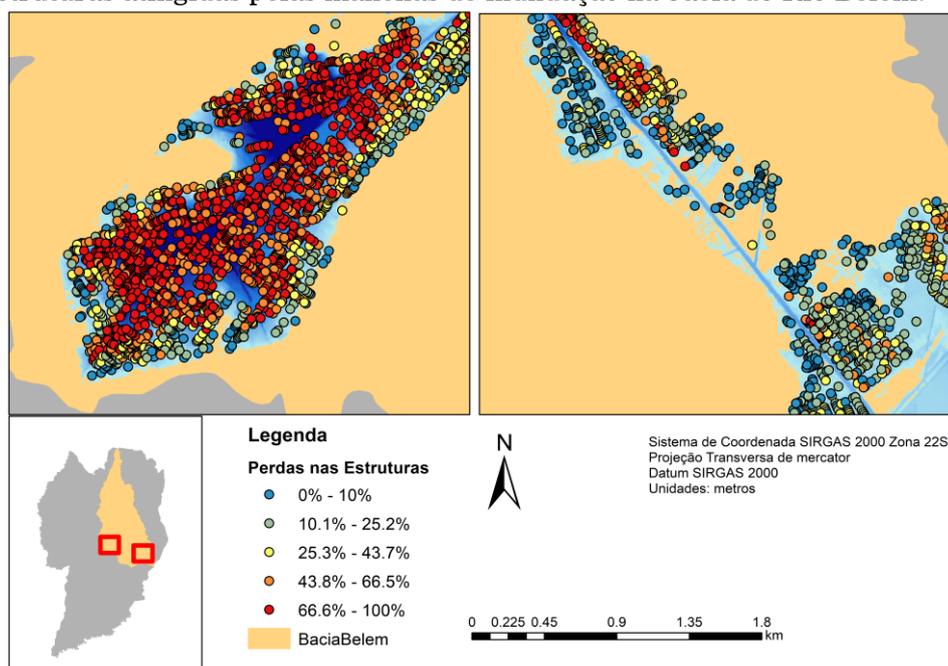
Resultados e discussões

A localização, o número e os tipos de edificações afetadas pelas manchas de inundação são apresentadas nas figuras e tabelas que se seguem. A Figura 2 mostra as classes percentuais de perdas nas edificações, representadas por símbolos em forma de círculos, sendo os de cor azul àqueles menos afetados. Enquanto, os círculos de cor vermelha com mais de 66,6% de danos, devido à altura do nível da água de inundação.

As classes de percentual de perdas nas estruturas foram definidas de acordo com a elevação do nível da água associada com a altura do primeiro piso da edificação. Os dados das estruturas apontaram uma altura média do primeiro piso de 3,0 metros, e partindo de um nível de altura da água de 1,0 metro (1ª classe) com intervalo de 0,50 metros, definiram-se as demais classes de perdas. Nas condições norte americanas, o Hazus-MH estima em 1,22 m (4 pés) acima do solo a elevação do primeiro piso para estruturas com porão (FEMA, 2004).

Na altura da 1ª classe, considera-se que apenas metade dela (0,50 m) irá atingir as edificações, pois em geral, existe considerável desnível entre a base da edificação e o nível da rua.

Outro aspecto que deve ser relatado é o método empregado pelo SIG na divisão das classes de perdas. Nesse caso, foi utilizada a classificação *Natural Breaks (Jenks)*, que define os intervalos de classe em função da frequência de ocorrência. Por isso, os limites de classes apresentam valores com considerável rigor.

Figura 2 – Estruturas atingidas pelas manchas de inundação na bacia do Rio Belém.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em IPPUC (2011), 2018.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados do número de edificações atingidas por tipo de ocupação. Observa-se que grande parte das estruturas afetadas são do tipo Comercial (51%), Residencial (35%) e Industrial (12%). O que de certo modo, corrobora a realidade local, já que a Bacia do Rio Belém se estende pelas regiões mais adensadas e mais centrais na cidade de Curitiba.

Tabela 3 – Número total de edificações atingidas pelas manchas de inundação e respectivo percentual.

Tipo de Ocupação	Número de Edificações Atingidas/% do Total	Exemplo
Residencial	2.143/35%	Casa, Hotel / Motel, Enfermaria, Apartamentos / Condomínio.
Comercial	3.101/51%	Atacado e Varejo, Escritórios, Hospitais, Bares e Restaurantes.
Industrial	702/12%	Fábricas da indústria química, farmacêutica, de alimentos, de metais e da construção.
Governamental	34/1%	Escritórios
Educacional	27/0,4%	Escolas de primeiro grau, Colégios e Universidades.
Religiosa	17/0,3%	Igrejas
Agricultura	27/0,4%	

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Uma outra análise que merece destaque é a relação entre o percentual mínimo de danos às estruturas e o número de edificações atingidas.

O resultado apresentado pelo O HAZUS-MH mostra que, 3578 edificações apresentaram um nível de dano maior que 25%, 2387 com mais de 50% e 1354 com mais de 75% de danificações, ou seja, 2473 (41%) estruturas tiveram um nível de dano inferior a 25%, dentro da área de influência direta da mancha de inundação.

Conclusão

O modelo HAZUS-MH módulo Inundações pode ser apresentado como suporte à criação de mapas de inundação e risco quando há disponibilidade dos dados de entrada da área de estudo, que foram mencionados neste trabalho.

A visualização computacional dos riscos de inundação possibilitada pelo HAZUS-MH, através de mapas de inundação e perfis de elevação de danos, proporciona uma simples e efetiva ideia de comunicação de riscos de inundações, dando suporte àqueles que estão envolvidos no planejamento do uso do solo urbano. Essa capacidade de visualização do problema, disponibiliza à população e aos tomadores de decisão um melhor entendimento do problema, tanto individualmente como para toda comunidade (CUMMINGS *et al.*, 2012).

Apesar dos resultados apresentados, esse estudo ainda não permitiu quantificar as perdas em valores monetários, pois para isso é necessário que se tenha associado ao modelo, como dados de entrada, as curvas de profundidade-prejuízo da região de estudo.

De qualquer forma, considera-se que o HAZUS-MH adaptado para as condições brasileiras tem também significativo potencial para a melhoria nas estimativas de perdas promovidas por eventos de inundação com mais rapidez e menos subjetividade na obtenção dos resultados.

Referências

AGUASPARANA. **Modelo Digital de Elevação** – Bacia Alto Iguaçu. Disponível em: <http://www.aguasparrana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=95>. Acesso em: 4 set. 2017.

ÁGUAS PARANÁ - **Plano Diretor de Drenagem** - Bacia Alto Iguaçu. Disponível em: www.aguasparrana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=265. Acesso em: 25 fev. 2018.

BURTON, C., CUTTER, S. L. Levee failures and social vulnerability in the Sacramento-San Joaquin Delta area, California. **Natural Hazards Review**, v. 9, n. 3, p.136-149, 2008.

BAUSCH, D. **HAZ Haiti** – Implementing the Hazus Earthquake Model for Haiti. FEMA Region VII, 2010.

CUMMINGS, C. A. *et al.* Using the Hazus-MH flood model to evaluate community relocation as a Flood mitigation response to terminal lake flooding: The case of Minnewaukan, North Dakota, USA. **Applied Geography**, v. 32, p. 889 – 895, 2012.

DUTTA, D.; HERATH, S.; MUSIAKE, K. An application of a flood risk analysis system for impact analysis of a flood control plan in a river basin. **Hydrological Processes**, v. 20, n. 6, p. 1365-1384, 2006.

FEMA – FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. 2014. The Federal Emergency Management Agency's (FEMA's). **HAZUS Technical and User's Manuals**. Disponível em: <https://www.fema.gov/>. Acesso em: 4 jul. 2015.

FEMA – FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. 2014. The Federal Emergency Management Agency's (FEMA's) **Methodology for Estimating Potential Losses from Disasters**. Disponível em: www.fema.gov/hazus . Acesso em: 7 mar. 2016.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Índice de Vulnerabilidade das Famílias Paranaenses**: mensuração a partir do Cadastro Único para Programas Sociais – CadÚnico. Curitiba, 2012.

KARAMAHMUT, U. **Risk Assessment for Floods Due to Precipitation Exceeding Drainage Capacity**. 2006. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil e Geociências, Delft University of Technology. Holanda. Disponível em:

www.citg.tudelft.nl/Faculteit/CiTG/Over_de_faculteit/Afdelinger/Afdeling_watermanagment/Secties?watqrhuishouding/Leerstoelen?Waterbeheer/onderzoek/projects/Msc_Research/Completed/500_2005-2009/doc/Thesis_Report_Karamhmut.pdf. Acesso em: 23 mar. 2017.

KAVECKIS, G. **Potential Contribution of Hazus-MH to Flood Risk Assessment in the Context of the European Flood Directive**. 2011. 143 f. Dissertação de Mestrado - Carinthia University of Applied Sciences. Villach, 2011.

KIRCHER, C. A.; WHITMAN, R. V.; HOMES, W. T. HAZUS earthquake loss estimation methods. *Natural Hazards Review*, v. 7, n. 2, p. 45-59, 2006.

KULMESCH, S. **Evaluation of Hazus-MH Loss Estimation Methodology for a Natural Risk Management Case Study in Carinthia, Austria**. Unpublished Master thesis. 2010.

MERZ, B. *et al.* Review article 'Assessment of economic flood damage'. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 10, n. 8, p. 1697-1724, 2010.

MI – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL; SEDEC – SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. 2007. **Manual para a decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. v. 2, Brasília, DF. Disponível em: www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=803eb555-7e63-41ce-9777-22f1d7953d11&groupId=10157. Acesso em: 21 abr. 2017.

OFDA/CRED – **The Office of US Foreign Disaster Assistance / Centre for Research on the Epidemiology of Disasters**. *Database*. Université Catholique de Louvain, Bruxelas, Bélgica, 2015. Disponível em: www.emdat.be/database. Acesso em: 4 abr. 2017.

SCAWTHORN, C.; FLORES, P.; BLAIS, N.; SELIGSON, H.; TATE, E.; CHANGE, S. HAZUS-MH flood loss estimation methodology. II. Damage and loss assessment. *Natural Hazards Review*, v. 7, n. 2, p. 72-81, 2006.

SCHNEIDER, P. J., SCHAUER, B. A. HAZUS: its development and its future. *Natural Hazards Review*, v. 7, n. 2, p. 40-44. 2006.

VICKERY, P. J., SKERLI, P. F., LIN, J., TWISDALE, L. A., Jr., YOUNG, M. A., & LAVELLE, F. M. HAZUS-MH Hurricane model methodology. II: damage and loss estimation. *Natural Hazards Review*, v. 7, n. 2, p. 94-103, 2006.

WORLD BANK. 2010. **Damage and Loss Assessment (DaLA) Methodology**. Disponível em: <http://go.worldbank.org/KWCRRCKA20>. Acesso em: 4 mai. 2016.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.