



Aplicação da metodologia PTVA-3 na avaliação da vulnerabilidade do centro urbano da cidade de Setúbal em caso de tsunami

António Emídio ¹, Leandro Barros ², Ângela Santos ¹, Alexandre Oliveira Tavares ³

1) Research Group on Environmental Hazards and Risk Assessment and Management (RISKam),
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, Portugal;

a.emidio@campus.ul.pt, angela.santos@campus.ul.pt

2) Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, Portugal;

leandrobarros@ces.uc.pt

3) Dep. de Ciências da Terra e Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra, Portugal;

atavares@ci.uc.pt

Resumo

Este estudo tem como objetivo aplicar ao centro urbano da cidade de Setúbal uma metodologia de avaliação da vulnerabilidade estrutural do edificado em situação de tsunamis. A metodologia utilizada baseia-se no modelo PTVA 3, sendo esta combinada com os resultados da modelação numérica do tsunami de Lisboa de 1755, obtidos por outros autores. Este modelo avalia em ambiente SIG vários parâmetros influenciadores da vulnerabilidade do edificado, tendo sido definidos com base em trabalhos de campo pós-tsunami realizados por outros autores. Os resultados mostram a presença de 481 edifícios potencialmente afetados na frente ribeirinha, dos quais 4 se encontram numa classe de vulnerabilidade alta e 28 numa classe média. De entre os edifícios atingidos pela inundação do tsunami incluem-se diversas infraestruturas e equipamentos vitais para o normal funcionamento societal (bombeiros, GNR, tribunal, jardim de infância, assim como diversos edifícios associados à regula o e gestão do porto de Setúbal).

Palavras chave: Tsunami de Lisboa de 1755, vulnerabilidade, centro urbano, edificado, Setúbal

1. Introdu o

Em Portugal, o pior desastre natural de que há registo teve origem no sismo e tsunami de 1 de Novembro de 1755, que inundou o litoral de Portugal com consequências catastróficas (Santos *et al.*, 2011). Este estudo tem por base os resultados da modela o numérica de inunda o em Setúbal por um tsunami idêntico ao de 1755, obtidos por

outros autores. Estes resultados apontam para uma inundação até 4 m de altura e uma distância máxima de inundação de 400 m relativamente à linha de costa. A relevância desta área decorre de três fatores essenciais: a) o facto da cidade de Setúbal se encontrar numa situação de perigosidade moderada associada a tsunamis, com base no tempo de percurso e altura da onda; b) possuir um centro urbano densamente povoado a cotas inferiores a 4 m; c) existência no porto de Setúbal de diversas infra-estruturas industriais e portuárias de relevante importância para a economia local e nacional. Apesar da noção geral de avaliação da vulnerabilidade englobar os aspectos sociais, físicos, ambientais e econ micos (UN/ISDR, 2007), esta análise foca-se na vulnerabilidade estrutural dos edifícios da área costeira da cidade de Setúbal. A metodologia utilizada baseia-se no modelo PTVA 3 (*“Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment”*), proposto por Dall’Osso *et al.* (2009).

2.  rea de estudo

Com base nos resultados de inundação selecionou-se como escala de análise as subsecções estatísticas do centro urbano de Setúbal, analisando em concreto todos os edifícios em contacto com a área inundada. No total, foram analisados 481 edifícios localizados em 66 subsecções estatísticas. A  rea de análise é limitada a Norte pelo centro histórico da cidade de Setúbal e a Sul pelo estuário do Sado (Fig. 1).

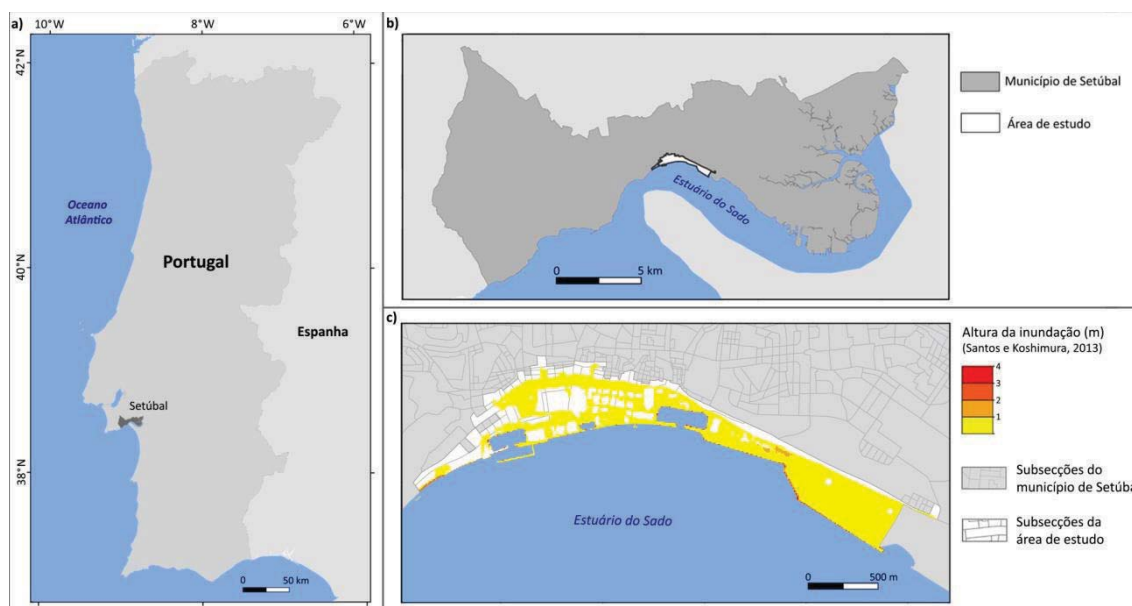


Figura 1 – Enquadramento. a) Portugal continental; b) Município de Setúbal; c)  rea de estudo.



3. Metodologia

De entre as metodologias de avaliação da vulnerabilidade do edificado a tsunami, destaca-se o modelo PTVA (Papathoma *et al.*, 2003; Papathoma e Dominey-Howes, 2003; Dominey-Howes e Papathoma, 2007), revisto mais tarde por Dall’Osso *et al.* (2009) – PTVA 3 – sendo este último o aplicado neste estudo. Este modelo baseia-se em trabalhos de campo pós-tsunami, obtidos por outros autores, para análise dos parâmetros com maior influência na variação da vulnerabilidade, atribuindo-se de seguida coeficientes de ponderação de acordo com a sua importância e calculando-se índices compósitos de vulnerabilidade (Fig. 2). Estes parâmetros são classificados quanto à sua influência na capacidade de proteção ou de produzir dano, sendo posteriormente integrados numa base de dados SIG para atribuição das respetivas ponderações e aplicação da análise multicritério. O modelo tem em linha de conta apenas a altura de inundação e o contacto dos edifícios com a mesma. Como resultado final é calculado um índice de vulnerabilidade relativa para cada edifício (RVI – “Relative Vulnerability Index”).

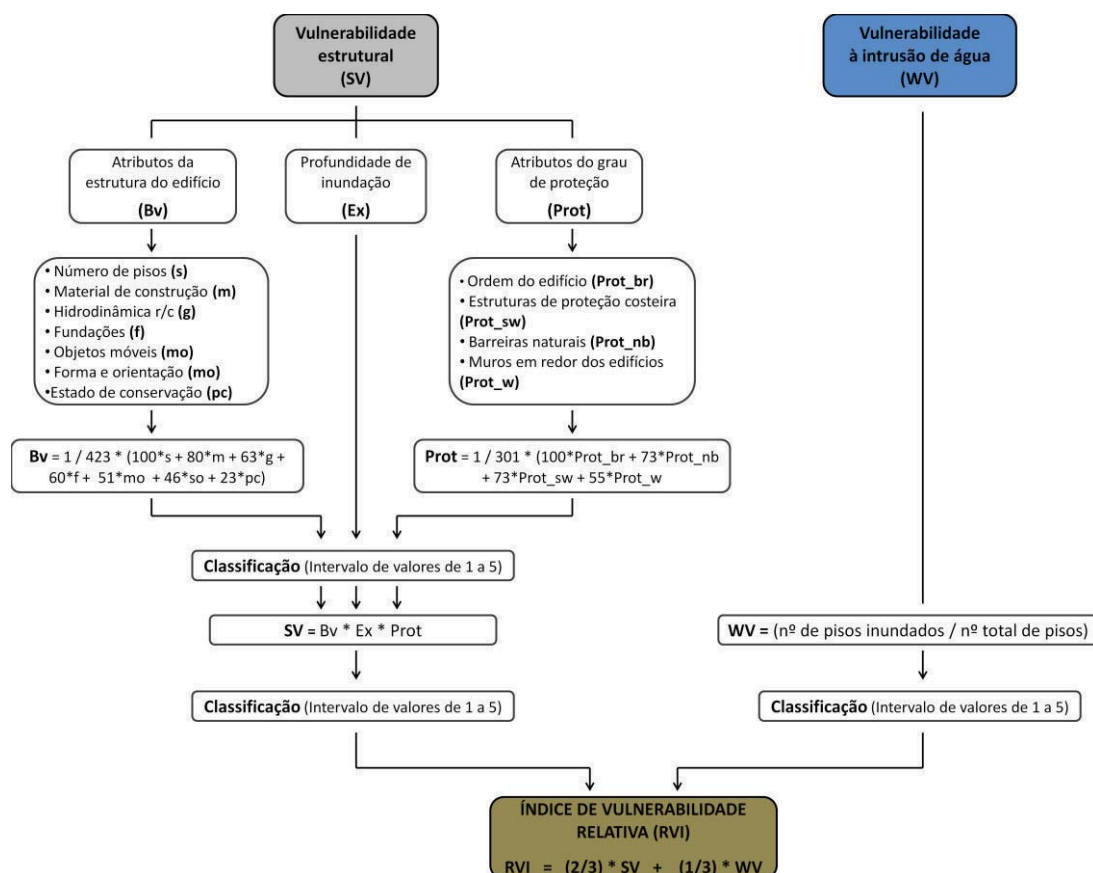


Figura 2 – Esquema metodológico do modelo PTVA 3.

O modelo aplicado nesta análise difere dos seus antecessores ao ter em conta novas perceções apresentadas por diversos autores quanto à influência dos parâmetros na vulnerabilidade dos edifícios e, principalmente, ao sugerir a aplicação do método designado por processo de análise hierárquica (*analytic hierarchy process* – AHP). A sua utilização para atribuição das ponderações dos atributos tem como objetivo evitar avaliações subjetivas acerca da importância de cada um e conferir assim um maior rigor a este processo. O cálculo das ponderações é efetuado com base numa comparação entre pares de atributos, feita com recurso ao *software* M-Macbeth, especialmente designado para análises multicritério e tomadas de decisão (Bana e Costa *et al.*, 2003). Para o caso de estudo de Setúbal os dados referentes aos edifícios foram obtidos através de trabalho de campo.

4. Resultados

Os resultados da aplicação do modelo de avaliação de vulnerabilidade (PTVA-3) mostram um total de 481 edifícios afetados, classificados com um RVI entre alto e baixo. Destaca-se claramente a área a Sul da Av. Luísa Todi, em especial os sectores centro e este da área de estudo (Fig. 3).



Figura 3 – RVI dos edifícios afetados pelo modelo de inundação



Do total de edifícios potencialmente afectados apenas 4 (1% do total) encontram-se na classe de vulnerabilidade alta. Por ordem crescente segue-se a classe de vulnerabilidade média com 28 edifícios (6%), a classe de vulnerabilidade moderada com 147 edifícios (30%) e por fim a classe de vulnerabilidade baixa, onde se enquadra a grande maioria dos edifícios – 302 (63%) (Tabela 1).

Classe de vulnerabilidade	Nº de edifícios	% de edifícios
Alta	4	1
Média	28	6
Moderada	147	30
Baixa	302	63

Tabela 1 – Número e percentagem de edifícios de acordo com a classe de vulnerabilidade

Os edifícios classificados com vulnerabilidade alta e média não possuem função residencial, tratando-se de edifícios desabitados e em fraco estado de conservação, ou de anexos/armazéns de apoio ao comércio ou indústria. O edifício assinalado com o nº8 na figura 3 e que sobressai essencialmente pela sua dimensão e pelo facto de estar classificado com vulnerabilidade média, diz respeito a um armazém de uma antiga fábrica em avançado estado de degradação. Os restantes edifícios enquadram-se nas classes de vulnerabilidade moderada e baixa. Sendo que na classe moderada incluem-se sobretudo os edifícios de apenas um piso, o que neste modelo é bastante valorizado. Apesar de se realçar a presença de edifícios de especial importância para a resposta de emergência e de recuperação no período pós-desastre, assim como para um normal funcionamento societal (como são o caso dos bombeiros, GNR, jardim infantil, tribunal e outros associados à regulação e gestão do porto de Setúbal, nomeadamente a capitania e a administração dos portos de Setúbal e Sesimbra), estes encontram-se quase na totalidade na classe de vulnerabilidade baixa. As exceções dizem respeito a um anexo do quartel dos bombeiros e ao jardim infantil (inseridos na classe de vulnerabilidade moderada) – valorizados negativamente pelo facto de possuírem apenas um piso.

5. Conclusões

Este modelo apresenta-se como uma boa solução para avaliação da vulnerabilidade estrutural dos edifícios, principalmente pela simplicidade da metodologia de análise e pelo uso dos SIG, que facilitam a avaliação da vulnerabilidade ao longo do tempo e do espaço. Trata-se também de um bom ponto de partida para a criação de um nova



metodologia de avaliação de vulnerabilidade que considere não só as características do edificado mas também aspetos físicos, sociais e económicos, para uma análise mais completa da vulnerabilidade das áreas urbanas.

Agradecimentos

Este estudo foi suportado financeiramente pelo Projeto Tsurima – Gestão do risco de tsunamis para o ordenamento do território e a proteção civil (PTDC/CSGEO/118992/2010), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), Portugal.

Bibliografia

Bana e Costa C A, De Corte J-M, Vansnick J-C (2003) MACBETH. *Operational Research working papers*. Department of Operational Research, London School of Economics and Political Science, London, UK.

Dall’Osso F, Gonella M, Gabbianelli G, Withycombe G, Dominey-Howes D (2009) A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9: 1557-1565.

Dominey-Howes D, Papathoma M (2007) Validating a Tsunami Vulnerability Assessment Model (the PTVA Model) Using Field Data from the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Natural Hazards*, 40:113-136.

Papathoma M, Dominey-Howes D (2003) Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 733–744.

Papathoma M, Dominey-Howes D, Zong Y, Smith D (2003) Assessing tsunami vulnerability, an example from Heraklion, Crete. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3: 377–389.

Santos A, Zêzere J L, Agostinho R (2011) O tsunami de 1755 e a avaliação da perigosidade em Portugal continental. *VIII Congresso da geografia Portuguesa*, Lisboa, 26-29 Outubro. [Acedido em 3 de Setembro de 2013]. http://riskam.ul.pt/images/pdf/Risco_68-375-1.pdf

UN/ISDR (2007) Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. *Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction*. Geneva.