

INDICADORES DE IMPACTE SÍSMICO. APLICAÇÃO AOS AÇORES

SEISMIC IMPACT INDICATORS. APPLICATION TO THE AZORES

Autores: C. S. Oliveira y M. A. Ferreira
Centro de trabajo, csoliv@civil.ist.utl.pt ; monicaf@civil.ist.utl.pt

RESUMEN

Palabras clave: indicador, risco sísmico, meio urbano

O sismo de 9/07/1998, ocorrido no Arquipélago dos Açores (Faial, Pico e S. Jorge), provocou muitos feridos, desalojados, casas destruídas e a interrupção de actividades económicas por algum tempo. A principal efeméride anual da Horta (Semana do Mar em Agosto) foi cancelada na sequência do sismo, com claro impacto social na ilha. Vários estudos têm sido desenvolvidos na área da sismicidade e vulnerabilidade das estruturas, originando mapas de risco que usam indicadores de natureza geológica e relacionados com a construção e que permitem definir zonas de risco. Os estudos tradicionais de cenários sísmicos apontam como indicadores de impacto para certa zona o número de vítimas, feridos, desalojados e grau de danos ocorridos. Mostram o impacto nas redes (abastecimento, rodoviária, etc.) através do número de estruturas colapsadas e do tempo de interrupção das suas funções. Passados quase 10 anos sobre a ocorrência do sismo verifica-se que as zonas afectadas registaram grandes alterações ao nível da recuperação do parque existente e novos desenvolvimentos urbanos que entretanto o sismo potenciou. O presente trabalho mostra a importância do estudo de outros indicadores indirectos: culturais, sociais, económicos, etc. que determinam os efeitos; aumentam ou reduzem as consequências de um sismo em áreas urbanas.

SUMMARY

Key-words: indicators, seismic risk, urban areas

The 9/07/1998 earthquake, occurred in the Azores Archipelago (Faial, Pico and S. Jorge), caused many injuries and homeless, destroyed houses and originate the interruption of economic activities for some time. The main annual event of the Horta (Semana do Mar in August) was cancelled as an earthquake consequence, with a clearly social impact in the island. Studies have been developed in the areas of geology/seismicity and of vulnerability of the structures, originating risk maps that use indicators of geology and construction nature which allow the definition risk areas. Traditional studies of seismic scenarios use as impact indicators the number of victims, injuries, homeless and damage grade. They also show the impact in the networks (supplying, road, etc.) through the number of collapsed structures and the duration of interruption of their functions. 10 years upon the occurrence of the earthquake we verified that the affected areas showed great alterations relatively to the recovery of the existing park and new urban developments. The present project shows the importance of the study of other indirect impacts, namely the cultural, social and economical indicators, which may increase significantly or reduce the consequence of an earthquake in urban areas.

Introdução

As características das cidades influenciam a sequência de acontecimentos que se seguem após um sismo. Um mesmo sismo de idênticas magnitudes terá os mesmos efeitos nos Açores, no Algarve ou em Lisboa? Certas cidades e populações estarão melhor preparadas, alertadas e com capacidade de resposta para estas ocorrências do que outras?

Cada vez mais se verifica que, para além das suas fronteiras físicas, existe complexidade, interdependência e inter conectividade entre cidades que tornam os efeitos de uma catástrofe maior do que o da escala local onde se dá o evento, estendendo-se esta interdependência por vezes a todo um país, ou mesmo a uma região. Este estudo pretende identificar e perceber de entre as características de uma cidade, quais os factores que determinam os efeitos que podem fazer aumentar ou reduzir as consequências de um sismo em áreas urbanas, passando a ter em conta não apenas os danos físicos (número de mortos, feridos e desalojados) e as perdas económicas que possam advir da ocorrência de uma catástrofe, mas também tentar avaliar o impacte na sociedade, analisando por exemplo o efeito no turismo, as alterações sociais, a falta de resiliência de algumas sociedades, etc.

Objectivos - Identificação de Factores e Indicadores

Todos os elementos caracterizadores de uma cidade como os habitantes, localização, actividades, etc. são factores que contribuem para caracterizar o risco sísmico de determinado local. Percebendo quais os factores/características que contribuem para o risco de um sismo num dado espaço urbano podemos fazer um retrato da cidade em termos do impacte que esse desastre natural causa (Davidson, R., 1997) e, conseqüentemente, definir estratégias para mitigar o mesmo risco.

A estratégia de identificação dos factores que contribuem para o *risco de desastre* quando ocorre um terramoto começa por tentar descrever todos os factores que juntos contribuem para esse mesmo risco. Os principais factores que contribuem para o risco de desastre em caso de sismo são os seguintes:

- 1 – *Hazard* ou Perigosidade;
- 2 – Exposição;
- 3 – Vulnerabilidade;
- 4 – Impacte no Exterior;
- 5 – Capacidade de Resposta.

Numa fase seguinte enumeram-se para cada um dos factores todos os elementos que os caracterizam. Por exemplo, o factor *Hazard* ou Perigosidade é composto: a) pela possibilidade de ocorrência de vibrações sísmicas de dada severidade num certo local e, b) pelos efeitos colaterais (liquefacção, deslizamentos, tsunamis, etc.).

Os factores que são escolhidos não devem ser nem muito gerais nem muito específicos senão pode tornar-se confusa a forma de perceber como determinado factor afecta o *risco de desastre* sísmico. Deve também existir interacção entre os vários factores de maneira a que eles possam ao mesmo tempo aumentar e diminuir o risco de desastre, directa ou indirectamente. Por exemplo, um elevado número de construções com estrutura de madeira pode ser considerado como algo que aumenta a vulnerabilidade devido ao fogo que surge após um sismo e desta forma o risco aumenta; no entanto, muitas vezes essas mesmas estruturas em madeira apresentam boa resistência às vibrações sísmicas o que permite afirmar que um elevado número de construções com estrutura de madeira é um

indicador de baixo risco.

Os riscos colaterais que advém de um sismo estão relacionados por exemplo com os tipos de solo, declives e outras morfologias de cada cidade.

Os elementos que constituem o factor Exposição relacionam-se entre si da forma em que quantas mais pessoas existirem numa cidade mais infraestruturas foram construídas, constituindo desta forma um acréscimo do potencial em perigo.

Os elementos que formam o factor Vulnerabilidade relacionam-se entre si e com os outros factores. Dos elementos que compõem o factor Vulnerabilidade, como por exemplo o das Infra-estruturas rodoviárias, relacionam-se com o elemento Mobilidade e Acessibilidade do factor Capacidade de Resposta. O primeiro elemento, a Mobilidade, permite conhecer o estado da rede de transporte após o sismo incluindo a existência de vias obstruídas indispensáveis à definição das Acessibilidades.

Após a descrição dos elementos que caracterizam todos os factores, vários indicadores serão seleccionados para representar cada um dos extensos factores que caracterizam uma cidade.

Descrição dos Factores e seus Componentes

1 - *Hazard* ou Perigosidade

Representa o fenómeno geológico que provoca o sismo. Este factor descreve os diferentes níveis de severidade numa cidade e sua distribuição espacial. O *Hazard* é composto pela acção sísmica que é o responsável pela maior parte dos danos em caso de terramoto devido às vibrações sísmicas e conseqüentemente pode provocar riscos colaterais (outro componente do *Hazard*). Os riscos colaterais provocados por abalos sísmicos tais como incêndios, liquefacção ou tsunamis são os responsáveis pela contaminação das águas, solos, florestas, etc.

2 – Exposição

Tudo o que encontramos numa cidade está exposto ao risco. Não importa o *hazard* ser muito elevado em determinada região se não tiver uma população e infraestruturas associadas e expostas a esse mesmo *hazard*; se assim for não haverá danos nem interrupções e conseqüentemente não haverá risco.

A Exposição inclui:

- Exposição das Infraestruturas;
- Exposição da População;
- Exposição das Actividades Económicas;
- Exposição Sócio-Política.

A Exposição das Infraestruturas diz respeito a todas estruturas que foram construídas para servir as necessidades de uma sociedade, desde edifícios para uso habitacional, industrial, de comércio e serviços a hospitais, instalações militares, barragens, sistema de transportes (estradas, linhas férreas, portos, etc.) e redes de abastecimento (água, electricidade, gás, etc.).

A Exposição da População fornece informação relativa à população e sua distribuição geográfica. Convém não esquecer que é importante identificar quais os grupos populacionais mais vulneráveis, por exemplo, crianças e idosos, doentes, sem-abrigo, etc.

A Exposição das Actividades Económicas refere-se a todos os fluxos económicos dos principais sectores (agricultura, comércio, turismo, cultura, construção, indústria, finanças, Estado, etc.) que se realizam numa cidade tais como, origens e destinos de bens, serviços, volume de negócios transaccionado, etc.

Exposição Sócio-Política relata o poder político, os actores urbanos (decisores políticos e sócio-económicos) que estão envolvidos com as funções políticas e sociais. Este factor refere-se às actividades e ligações que existem entre a população e as instituições sociais e políticas que suportam essas actividades. Este factor é proporcional à dimensão da população.

3 – Vulnerabilidade

A vulnerabilidade das pessoas, comunidades, instituições ou nações é a característica que uma pessoa ou um grupo tem em termos de antecipar, comportar, resistir e recuperar de um impacto devido a uma perigosidade natural ou causada pelo Homem (IFRC, 1999).

A figura 1 mostra que, entre outros factores, a falta de educação e de interesse político, o crescimento desordenado e rápido das áreas urbanas, e as economias fragilizadas, quando se encontram em presença de um determinado *hazard* podem contribuir de forma significativa para o desastre.

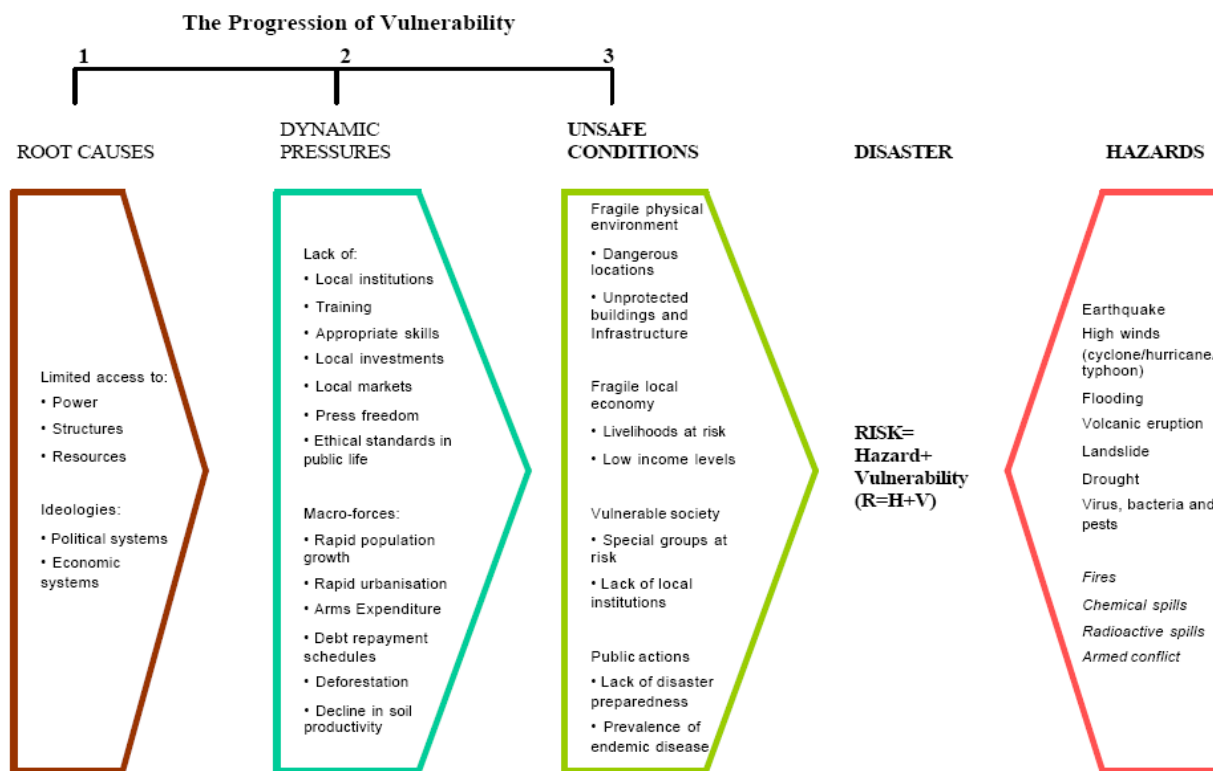


Fig. 1. Pressões que podem transformar eventos em desastres: a evolução do conceito de vulnerabilidade (segundo Blaikie *et al.*, 1994).

Todos os elementos que caracterizaram o factor Exposição vão existir no factor Vulnerabilidade uma vez que tudo o que está exposto tem associado uma vulnerabilidade.

Desta forma a Vulnerabilidade inclui:

- Vulnerabilidade das Infraestruturas;
- Vulnerabilidade da População;
- Vulnerabilidade das Actividades Económicas;
- Vulnerabilidade Sócio-Política.

A Vulnerabilidade das Infraestruturas descreve o grau de dano que determinada infraestrutura sofre quando ocorre um abalo de determinada intensidade.

A Vulnerabilidade da População transmite as características do indivíduo que o tornam mais ou menos propenso a ficar ferido, desalojado, a morrer, a retomar as suas actividades como resultado do impacte de um sismo. Devemos então identificar os grupos que são mais vulneráveis, como crianças e idosos, doentes, pobres e desempregados, estrangeiros/emigrantes, sem-abrigo, ou seja, um conjunto infindável de indivíduos que em caso de catástrofe terão maiores dificuldades em sobreviver ou em voltar à normalidade dadas as carências físicas, económicas ou sociais em que se encontram. Neste contexto é de citar o trabalho de Ribeiro (2006) onde se enumeram algumas das facetas das vulnerabilidades sociais e se estabelece um modelo de trabalho.

A Vulnerabilidade das Actividades Económicas está relacionada com o grau de interrupções nos fluxos económicos e sua distribuição. As perdas económicas podem dar-se não apenas devido ao dano físico que ocorre após uma catástrofe mas por existir uma ruptura/interrupção em determinado sector que impossibilite a distribuição de provisões para dado local (provocando carências no destino) ou por certa actividade ser interrompida e deixar de ser possível vender e escoar dado produto (provoca transtornos na origem) ou porque simplesmente se verificaram reduções nos investimentos ou diminuição da procura de certos bens ou serviços devido à ocorrência de uma catástrofe.

Considerando a vulnerabilidade económica na perspectiva da cidade, o volume de perdas indirectas está relacionado com o tempo que demora a recuperação e reconstrução, função das ajudas financeiras externas (governo, seguros, etc.).

Por último, a Vulnerabilidade Sócio-Política depende do sistema político, da robustez e complexidade nas ligações entre instituições locais e organizações, na capacidade em criar mecanismos novos (ajudas ao domicílio, actividades, etc.) para aliviar outras instituições que estejam em sobrecarga.

4 – Impacte no Exterior

Este factor indica de que forma as perdas económicas, as interrupções nas redes, a vida política e social serão afectadas para além do local onde se registou o abalo. Como já referido, as cidades vão para além das suas fronteiras. Por exemplo, o sismo do Faial de 1998 teve repercussões a nível nacional e não apenas nas ilhas onde foi sentido o sismo e onde se registaram os estragos.

Podemos estudar este factor de várias formas: ver o seu peso na região, no contexto nacional e ainda internacional; para tal é necessário conhecer as relações a nível económico, político (conhecer as inter-relações entre ilhas, por exemplo, visto que determinadas actividades existem numas ilhas e noutras não) de transportes (saber o número de passageiros que viajam de e para dado local) e cultural (monumentos, obras de arte, etc. que dão identidade a uma sociedade).

Achar indicadores que transmitam estas ideias é uma tarefa bastante ousada e

complexa. No entanto, tentaremos encontrar indicadores que descrevam este factor da forma mais clara possível.

5 – Capacidade de Resposta

O factor Capacidade de Resposta descreve a eficiência de uma cidade em restabelecer as suas actividades e para isto necessita de uma organização e planeamento operacional antes de ocorrer o sismo, recursos financeiros, equipamento e recursos humanos disponíveis, bem como de uma fácil mobilidade no pós-sismo.

Escolha de Indicadores

Uma vez identificados os factores que descrevem o risco de desastre num espaço urbano, segue-se a identificação de um conjunto de indicadores que represente cada factor.

Os indicadores devem seguir os seguintes critérios:

- Válidos – os indicadores devem representar os conceitos que tentam representar;
- Disponibilidade e qualidade – a disponibilidade e qualidade dos dados variam muitas vezes de local para local e de ano para ano, portanto os indicadores devem ser formados por dados o mais consistentes, que existam e sejam fáceis de recolher;
- Objectividade e perceptível – os indicadores devem ser objectivos, claros e usar conceitos familiares para se tornarem perceptíveis.

Os indicadores utilizados para representar cada factor não tem um número predeterminado desde que haja simplicidade e que o indicador represente o melhor possível o factor em questão; deve existir um equilíbrio na escolha do número de indicadores de forma a não se sair dos critérios assinalados acima. Alguns indicadores podem ser utilizados mais do que uma vez para representar conceitos/factores diferentes.

Considerações Finais

O presente trabalho dá continuidade a estudo anterior (Oliveira *et al*, 2003) onde se desenvolve um simulador de cenário sísmico para os Açores, que produz estimativas dos danos humanos e materiais em algumas das principais cidades do Grupo Central dos Açores. A fase em que se encontra o estudo de que agora se indicaram os principais objectivos e metodologia para encontrar novos indicadores de impacto sísmico, é precisamente a da identificação desses indicadores a partir de um conjunto de variáveis (foram recolhidas aproximadamente 30 variáveis) e sua análise estatística (INE 2003). Uma recolha dos principais aspectos da reconstrução do parque danificado pelo sismo de 1998 constitui outra fonte de inegável interesse.

Após a identificação de todos os indicadores que estão na base da avaliação do risco de desastre numa determinada área urbana devido à acção sísmica, segue-se a fase de cálculo dos pesos e graus de importância dos factores e respectivos indicadores. O procedimento para esse cálculo dos pesos relativos depende de vários critérios com algoritmos que melhor se adaptem à situação em causa. Este tópico encontra-se presentemente em análise.

O desenvolvimento e integração de todos estes indicadores sociais, construtivos, naturais ou económicos, para além das tradicionais estimativas do impacto directo (humano e material), são essenciais na avaliação de risco e nas tomadas de decisão do poder político, permitindo a aplicação de medidas de mitigação adequadas aos grupos mais vulneráveis ou a uma região.

Referências:

- Blaikie, P., Cannon T., Davis, I. e Ben Wisner (1994), "At Risk Natural *Hazards*, People's Vulnerability and Disasters". London, Routeledge.
- Davidson R. A. e Shah, H. C. (1997), "An Urban Earthquake Disaster Risk Index", The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Report n.º 121, June, pp 12.
- IFRC - International Federation of Red Cross And Red Crescent Societies (1999), "Vulnerability and Capacity Assessment", Jan, pp.11.
- INE (2003), "Censos 2001, Resultados Definitivos - Quadros Estatísticos". Instituto Nacional de Estatística.
- Oliveira, C. S., Ferreira, M. A., Sá, F. M., Nunes, J. C. e Forjaz, V. H. (2003), "Cenários Sísmicos para os Açores: Aplicação ao Caso das Lajes do Pico", III Jornadas JIVIP, Pico.
- Ribeiro, M. J. (2006), "A Construção de um Modelo de Análise das Vulnerabilidades Sociais dos Desastres. Uma Aplicação à Colina do Castelo de São Jorge", *Territorium*, vol 13, pp. 5-24.

Agradecimentos

Este trabalho integra-se no Plano de Trabalhos da Tese de Doutoramento do 2º autor, BD 29980/2006 da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e no Projecto USuET, "Análise Sistémica do Risco Sísmico: Uma Versão Integrada. Aplicação a Centros Urbanos nos Açores". FCT - POCI/CTE-GIN/58095/2004.