

ANÁLISE DO RISCOS INERENTES ÀS VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS ÀS ESTRUTURAS

LONGO, SIMONE

Aluno de Doutoramento da Secção de Exploração de Minas, Instituto Superior Técnico, Lisboa. E-mail: simone.longo@ist.utl.pt

DINIS DA GAMA, CARLOS

Professor Catedrático no Instituto Superior Técnico, Lisboa. E-mail: dgama@ist.utl.pt

RESUMO

A Análise do risco é uma ferramenta cada vez mais difusa entre as pequenas e grandes empresas do sector da construção que ajuda na optimização do projecto e das fases de realização de uma obra fornecendo um controlo dos possíveis eventos adversos. Com a análise do risco pode-se perceber se é necessário aprofundar a investigação científica, melhorar a monitorização nas fases da construção, reduzir os custos e ter um conhecimento mais claro da parte responsável que tem que intervir no caso aconteça um evento imprevisto adverso.

Neste artigo é realizada uma exposição do conceito de risco, do mais recente e conceito de “relatório periódico de risco” e uma possível aplicação da análise do risco ao problema das vibrações. Evidencia-se a diferença entre risco e perigo e mostra-se um exemplo de um mapa do risco de vibrações em área urbana.

ABSTRACT

Risk Analysis is an instrument more and more popular in little and big construction firms that helps in the project optimization and in the construction stages providing a watch and reduction of the possible unfavorable events. With risk analysis, understanding if it's necessary to investigate more deeply on the ground properties and geometry, improving monitoring during construction, reducing costs and being able to understand which part involved in the construction is responsible if a unfavorable event happens is possible.

In this paper the concept of risk, the more recent concept of periodical risk register and a possible application of the risk analysis to the problem of vibrations is described. The difference between risk and hazard is explained and an example of urban vibration risk map is shown.

1. INTRODUÇÃO

O risco geotécnico, ou seja o risco onde se verifique probabilidade de danos a edifícios e pessoas devidos a problemas na interface estrutura-terreno (ou estrutura-maço rochoso) é ainda demasiado alto. Existem muitos perigos relacionados com o solo e subsolo e os danos que estes perigos produzem, no caso que se tornarem reais, são frequentemente muito relevantes. Em termos económicos, a insuficiente qualidade e aprofundamento do projecto, levam rapidamente a um aumento dos custos totais da obra de 5% e casos de 30-50% não são raros (Tyrrell, 1983; Mott MacDonald, 1994). O maço pode criar problemas na construção de obras sob várias formas: a Figura 1 reporta os resultados de uma pesquisa recente sobre os diferentes tipos de problemas geotécnicos encontrados durante a construção de obras (Clayton C.R.I., 2001). Os problemas relacionados com a falta de investigação no maço ou solo estão evidenciados com círculos. O inadequado planeamento ou realização dos ensaios de campo, juntamente com a diferença da geometria ou das propriedades do maço relativamente ao previsto no projecto constituem 51% do total. Este facto é indicador da importância da investigação geotécnica na construção de obras.

Percebe-se então que para reduzir o risco geotécnico (e consequentemente os custos adicionais imprevistos) é necessário planear da melhor forma possível a investigação do maço, monitorizar as fases da escavação e da construção da obra e identificar os danos possíveis nas estruturas próximas.

Um das principais causas de danos para as estruturas são as vibrações transmitidas às fundações dos prédios mediante propagação no maço. As fontes mais notáveis de vibrações (excluindo os sismos) são o uso de explosivos nas escavações, equipamentos mecânicos pesados (como cravadores de estacas e perfuradoras) e também veículos do trânsito urbano quotidiano. Saber distinguir então as diferentes fontes de vibração geradas na construção de uma obra é fundamental para identificar o responsável de eventuais danos a terceiros. Ainda mais importante é identificar o nível de vibrações que podem investir os edifícios mais expostos, por forma a minimizar o risco de

danificação dos mesmos. Nesta óptica, cada vez mais empresas que se ocupam de escavações realizam a análise do risco incluindo o factor “vibrações transmitidas”, com resultados notáveis.

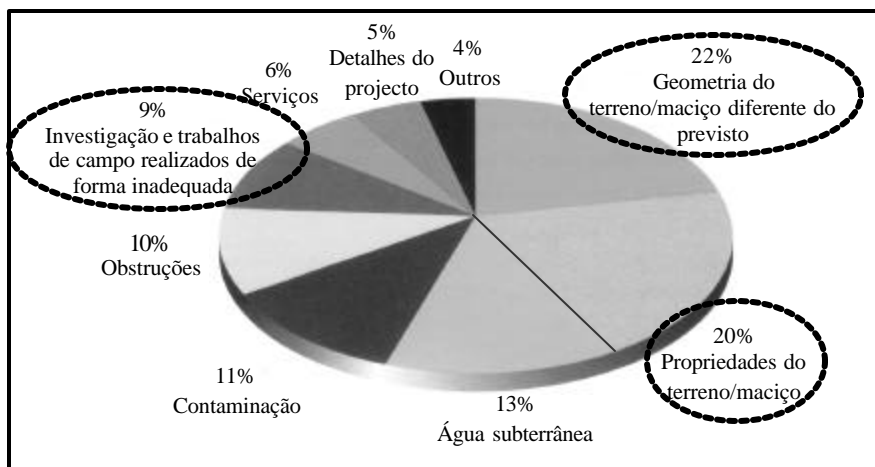


Figura 1 – Problemas relacionados com o solo e subsolo encontrados na construção de obras segundo uma recente pesquisa (Clayton C.R.I, 2001).

2. ANÁLISE DO RISCO, VULNERABILIDADE, PREVISÃO DE EVENTOS ADVERSOS

2.1. Conceito de Risco e diferença entre análise do risco e perigo.

As definições de análise do risco que se podem encontrar nos textos e revistas especializadas são muito diferentes entre elas; esta variabilidade deve-se principalmente ao facto dos conceitos de “risco”, e de “análise do risco” terem evoluído consideravelmente nos últimos trinta anos. Exemplos de importantes passos que trouxeram alterações e melhorias à teoria do risco foram:

- A introdução da lógica fuzzy (Zadeh, 1978);
- A utilização da tecnologia informática (como, por exemplo, os sistemas de informação geográfica, que permitem executar operações e cálculos sobre grandes quantidades de dados e criar mapas de risco sobre as áreas de estudo);
- A teoria da monitorização contínua do risco e constituição de registos dos riscos, com emissões periódicas de relatórios de risco a todas as entidades que participam no projecto (da execução ao controlo da obra);

A *lógica fuzzy* é uma generalização da lógica tradicional, que interpreta num sentido mais amplo o conceito verdadeiro/falso. Na lógica fuzzy os conjuntos deixam de ser fechados e um elemento pode pertencer ao mesmo tempo a mais do que um conjunto (com diferente grau de probabilidade e veracidade). A lógica fuzzy é útil em engenharia na medida em que é muito eficaz para prever e representar fenómenos físicos complexos onde o grau de incerteza é elevado e onde incidem vários factores por vezes que não são perfeitamente conhecidos (Ingegneria Online, 2002).

Os *SIGs* (sistemas de informação geográfica) são programas para computadores que conseguem juntar, gerir, arquivar e visualizar informações sobre uma posição geográfica (*SIGs* 2D) ou sobre um volume (*SIGs* 3D). Juntando vários níveis de informação relativos à mesma área é possível com *SIGs* obter uma melhor compreensão e uma representação gráfica mais clara dos processos e eventos que interessam nessa área. Os tipos de informações a fornecer num *SIG* podem ser de qualquer natureza, com a única restrição de que a informação tem que ser atribuída conjuntamente com a posição do ponto ao qual se refere. O uso dos *SIGs* é principalmente destinado à realização e representação de modelos digitais de áreas e volumes analisados. Os tipos de aplicações são várias: monitorização e gestão do ambiente e de áreas urbanas; mapas de risco e mapas estatísticos; localização provável de minério, individualização das áreas mais adequadas para armazenar substâncias especiais.

Os *relatórios de risco* são documentos, emitidos periodicamente, onde se reportam os dados da monitorização e as decisões tomadas sobre os elementos que constituem um risco potencial para a obra ou projecto em construção. Este relatório é fornecido a todas as partes que nele participam (dono da obra, empreiteiro e projectista) numa óptica de partilha dos riscos e de colaboração contínua para o controlo e minimização desses factores (Clayton, C.R.I, 2001).

Uma distinção básica que é importante sublinhar é a diferença entre “hazard analysis” e “risk analysis” (Murck, Barbara W, 1996) que podem -se encontrar traduzidas para Português com a mesma expressão “análise do risco” e que também em língua inglesa as vezes são erradamente considerados sinónimos. A melhor forma de traduzir estas expressões são “análise do perigo” e “análise do risco”, respectivamente.

Análise do perigo (hazard analysis), consiste nas seguintes actividades:

- Determinar quando ocorreram no passado eventos adversos do mesmo tipo e mesma dimensão daqueles que se querem prever, em relação a uma determinada área;
- Determinar os efeitos que tais eventos adversos podem criar no território em análise se acontecessem de imediato e sem nenhum tipo de preparação em relação ao mesmo;
- Determinar a frequência prevista dos eventos (principalmente para eventos de origem natural);
- Criar um relatório mais claro possível sobre a probabilidade que os eventos analisados têm de realizar-se, as consequências físicas e os danos eventuais que podem criar no território e às pessoas. O relatório é posto a disposição dos decisores, responsáveis de planeamento, engenheiros projectistas e pessoal de emergência que podem utilizá-lo para determinar como minimizar a vulnerabilidade da área interessada ou do projecto.

Análise do risco (risk analysis) consiste em:

- Calcular a probabilidade com que um determinado evento possa acontecer com uma determinada grandeza ou intensidade;
- Analisar a relação entre a ocorrência do evento e a localização das estruturas potencialmente envolvidas, dos sistemas de emergência e dos trabalhadores;
- Quantificar a exposição potencial das estruturas e dos prédios aos aspectos físicos do evento em análise;
- Quantificar a vulnerabilidade da comunidade ao evento e calcular o potencial impacto económico e social que o mesmo evento pode desencadear;

Uma definição de risco pode ser a seguinte (Clayton C.R.I, 2001): “O risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento com as suas consequências físicas, económicas e sociais.”

Estritamente relacionado com o risco está o conceito de **vulnerabilidade** de uma área, sendo o conjunto de factores que determinam a magnitude dos danos que um evento adverso pode criar se acontecer.

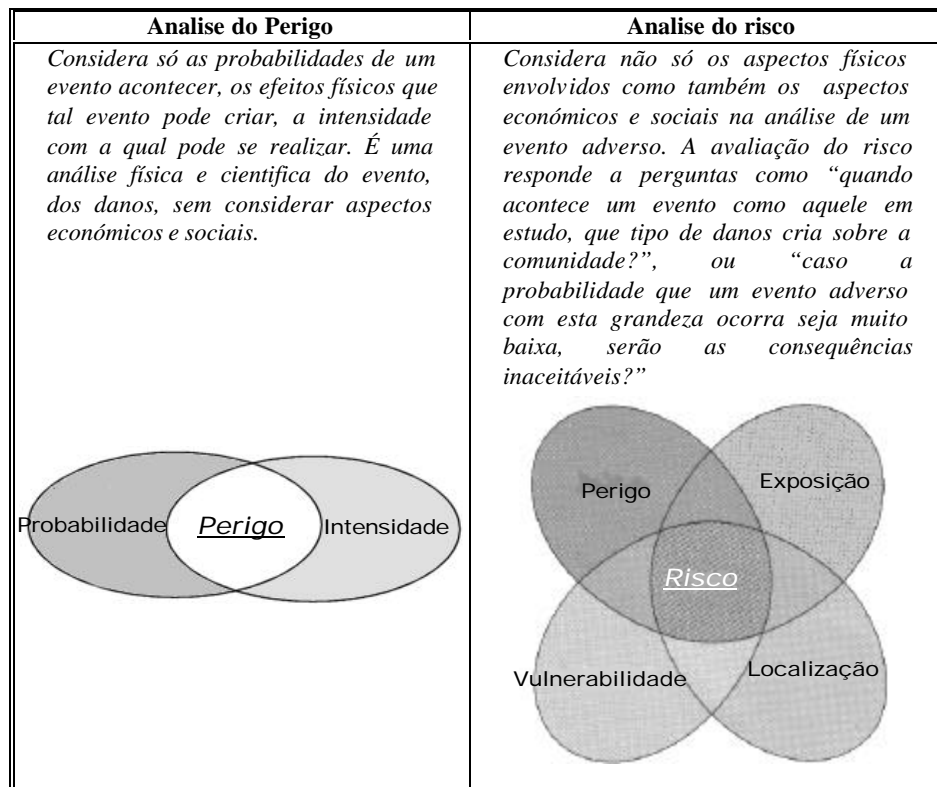


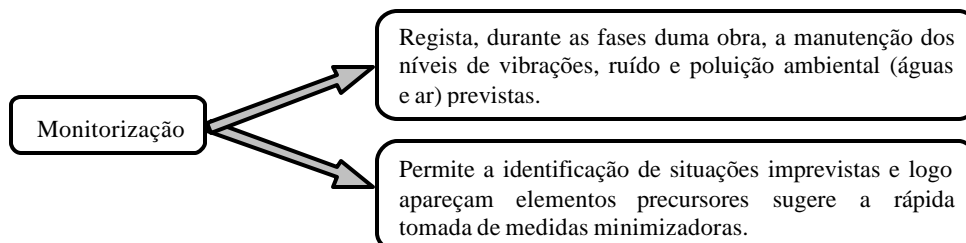
Figura 2 – Esquemas representativos da análise do perigo e análise do risco.

2.2. Previsão do evento ligada á monitorização dos elementos precursores

Prever o acontecimento de um evento geotécnico adverso (como por exemplo o assentamento excessivo de um edifício que situa-se nas proximidades das escavações duma obra, ou a abertura de fissuras nas paredes e pilares de um prédio devido a vibrações excessivas) é parte da análise do risco.

A qualidade da previsão depende sobretudo da monitorização (no local da obra e nas estruturas próximas) dos *elementos precursores*.

A monitorização tem a dupla utilidade:



Os elementos precursores são pequenas variações físicas que antecedem o evento adverso (Murck Barbara W,1996). Exemplos destes elementos são:

- A ocorrência espontânea num talude de uma fenda e progressivo alargamento das duas bordas antes do colapso; a monitorização pode-se fazer com a instalação de pares de marcas postas de um lado e do outro relativamente a fractura, ao longo da sua extensão, e com medições temporizadas dos afastamentos das marcas (Carloni, G. C., 1998).
- A criação de fracturas e fissuras no revestimento primário de betão projectado num túnel que sofre aumento excessivo das convergências; a monitorização é feita com leituras periódicas das distâncias entre os pontos de convergência.
- A obtenção do “dano limiar” (ver tabela 1) (UNI, 1991) nas estruturas civis sujeitas as vibrações intensas; a monitorização é feita com instalação nos elementos solidários com as fundações, de sismógrafos. Não ter em consideração, neste caso particular, o aparecimento do dano limiar, pode levar ao aumento dos danos, (danos “menores” e mais graves definidos como “maiores”).

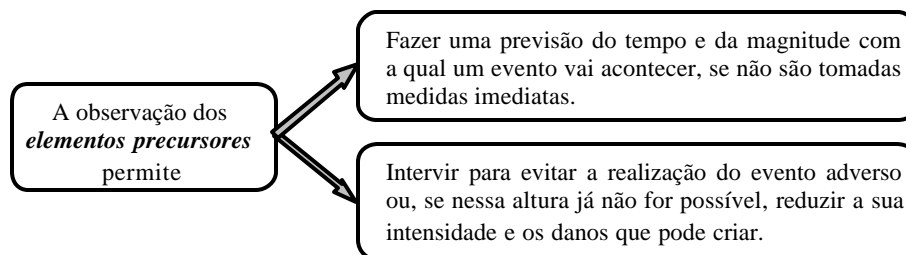


Tabela 1: os três tipos de danos que podem afectar as estruturas sujeitas a vibrações (UNI, 1991).

<i>Tipo de Dano</i>	<i>Efeitos produzidos</i>
<i>Dano Limiar</i>	Aparecimento de fissuras filiformes nas superfícies de paredes “a seco” ou aumento de comprimento de fissuras existentes; formação de fissuras filiformes nas junções das construções em tijolos e em betão;
<i>Dano menor</i>	Aparecimento de fissuras com abertura maior, destaque e queda de reboco das paredes; aparecimento de fissuras em blocos de tijolos ou nas paredes.
<i>Dano maior</i>	Danificação de elementos estruturais, fissuras nas colunas portantes; série de fissuras nas paredes

2.3 Relatório de Risco como meio de gestão do risco e de minimização do impacto de eventos adversos

Um relatório de risco típico contém:

- Os perigos na área envolvida nos trabalhos;
- O evento adverso que tal perigo pode criar se se tornar real;
- As consequências previstas por cada perigo;
- O grau de risco estimado por cada um dos perigos, no caso de não serem tomadas medidas minimizadoras;
- As medidas planeadas para minimizar o risco;
- Em que fase dos trabalhos em que estas medidas têm que ser tomadas e por quem;
- Os efeitos previstos que as medidas minimizadoras vão criar;
- Quem é que se responsabiliza pelas consequências do evento de risco se acontece.

A equipa de gestão do risco deve decidir sobre a periodicidade de revisão do relatório do risco e respectiva entrega às partes envolvidas.

Nas tabelas 2 e 3 é reportado um exemplo de registo de risco (Clayton C.R.I., 2001)

Tabela 2 – Exemplo de parte de um relatório de risco para uma pequena construção. Análise do risco inicial

Risco N.	Perigo	Evento adverso	Consequências	Risco antes do controlo		
				P	C	R
1 ^a	Terreno solto ou remoldado ao nível da fundação	Abaixamento do terreno sob o efeito da carga	Colapso das fundações	2	4	8
1b		Abaixamento excessivo das fundações	Danos á estrutura superior	3	3	9
2	Solo ácido ou com sulfatos	Ataque químico ao betão das fundações	Colapso das fundações	3	2	6
3 ^a	Nível de água demasiado alto	Destabilização do solo	Colapso das valas das fundações	2	3	6
3b		Água nas valas	A água afecta as fundações	2	2	4

P = Probabilidade; C = Consequências; R= Grau de Risco = (PxC)

Tabela 3 - Exemplo de parte de um relatório de risco para uma pequena construção. Medidas tomadas

Risco N.	Consequências	Medida Tomada	Quando e por quem	Risco depois do controlo			Risco económico assumido por
				P	C	R	
1a	Colapso das fundações	Analisar o solo nas valas das fundações quando são escavadas e escavar mais em profundidade se necessário	Durante a construção. Sub-empiteiro das obras de escavação	1	4	4	Construtor
1b	Danos á estrutura superior	Projectar as fundações e as estruturas de superfície de maneira de minimizar as deformações diferenciais	Durante o projecto. Projectista estrutural e geotécnico	3	1	3	Dono da obra
2	Colapso das fundações	Executar testes em amostras do solo para conhecer o conteúdo em sulfatos e o pH. Utilizar adequado tipo de betão	Durante a fase de investigação do terreno. Sub-empiteiro das análises geotécnicas do solo	1	1	1	Dono da obra
3a	Colapso das valas das fundações	Medir o nível de água. Utilizar suportes para valas se necessário	Durante a fase de investigação do terreno. Sub-empiteiro das obras de escavação	1	2	2	Construtor
3b	A água afecta as fundações	Medir o nível de água no início dos trabalhos. Utilizar bombas se necessário	Durante a fase de investigação do terreno. Sub-empiteiro das obras de escavação	1	2	2	Construtor

P = Probabilidade; C = Consequências; R= Grau de Risco = (PxC)

3. CLASSIFICAÇÃO DO RISCO COMO EXIGÊNCIA

Uma classificação do risco consiste em aplicar um a escala constituída por vários níveis de risco à área envolvida no projecto, dando origem assim a um mapa do risco.

A escala de risco é um intervalo numérico definido e fixado com base na análise do risco: valores mais baixos da escala correspondem á baixas probabilidades que o risco se concretize; valores mais altos correspondem a alta probabilidade que o evento adverso se torne real. Na área envolvida na construção de uma estrutura e nas suas proximidades (como por exemplo os prédios que estão suficientemente próximos de uma escavação em ambiente urbano feita com explosivo) é possível atribuir a cada ponto um valor compreendido na escala de risco, obtendo assim um mapa do risco de toda a área sobre a qual os eventos perigosos têm probabilidade de acontecer.

Uma classificação do risco (tal como um relatório de risco) tem as seguintes características:

- Fácil compreensão
- Disponível, a todas as partes que participam ao projecto e realização da obra
- Em contínua evolução, baseando-se nos novos resultados que vêm das sondagens e da monitorização.

Uma classificação do risco, para ser plenamente eficaz, tem que ser realizada logo nas primeiras fases do projecto, de forma de fornecer sugestões aos projectistas para melhorar o projecto. A classificação do risco não termina com a fim do projecto: durante a monitorização dos riscos (que acompanha a obra até o fim da construção) a classificação do risco permite identificar as áreas onde aumentar o controlo por causa do risco ser maior e onde pode ser menos intensa; tal escolha de distribuição racional dos equipamentos da monitorização otimiza os custos.

As razões principais que levam realizar uma classificação do risco são:

1. *Minimização dos riscos.* Uma classificação dos riscos permite executar os trabalhos em maior segurança porque estão reconhecidas as áreas mais vulneráveis e sensíveis. Nestas áreas pode-se então proceder mais cuidadosamente nos trabalhos de escavação e construção. Obtém-se mais segurança seja para os civis que moram nas proximidades da obra, seja para os trabalhadores.
2. *Provável redução dos custos da obra* para os dois seguintes motivos:
 - Optimização do uso dos equipamentos para a monitorização
 - Redução do risco de eventos perigosos que, como já referido, criam frequentemente um elevado aumento dos custos totais da obra.
3. *Provável redução dos tempos de realização.* Uma das consequências mais comuns de um acidente ou de um dano sobre pessoas ou coisas externas á obra é o bloqueio dos trabalhos ou a redução das tarefas. O prolongamento do tempo necessário para acabar a realização da obra é dificilmente recuperável e traduz-se em aumento dos custos. Reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos negativos reduz proporcionalmente a probabilidade de prolongar de forma imprevista os tempos de realização.

4. POSSÍVEIS APLICAÇÕES DE ANÁLISE DO RISCO ÁS VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS A ESTRUTURAS

No caso de escavações com uso de explosivo em ambiente urbano, um aspecto fundamental que é necessário tomar em consideração são as vibrações transmitidas ao maciço rochoso quando há rebentamentos das cargas de explosivo. Uma análise do risco feita nestas condições não pode omitir os efeitos das vibrações sobre as estruturas e edifícios.

Muitas vezes, para este assunto limita-se só a aplicação e observação da lei que tutela as estruturas contra os danos eventuais produzidos pelas vibrações. Em Portugal aplica-se a norma NP 2074 que consiste em medir vibrações induzidas nas fundações (ou elementos solidários com as fundações) dos prédios mais sensíveis e mais expostos. Se forem medidos valores de vibração maiores do que imposto pela norma, por esse particular tipo de estrutura, meio rochoso e numero de solicitações diárias, reduz-se a quantidade de explosivo por retardo. Um processo parecido é feito em medir vibrações produzidas por outras fontes (martelos hidráulicos, cravadores de estacas, e outras máquinas).

Um passo em frente para obter um mais eficaz meio de controlo do risco inerente às vibrações consiste em realizar um estudo como exposto a seguir, realizado em mais ocasiões pelo CEGEO (Centro de Geotecnia do IST):

1. Análise da documentação disponível em relação aos edifícios próximos à área dos trabalhos, a idade deles, a proximidade as fontes de vibrações ambientais (como trânsito urbano, estações e linhas ferroviárias, fábricas e outros). A realizar antes do início da escavação.
2. Análise de todas as informações inerentes à geomorfologia e às condições do maciço rochoso na área envolvida nos futuros trabalhos de escavação e dos espaços circundantes a essa área. A realizar antes do início da escavação.
3. Situação de referência: medição das vibrações produzidas pelo trânsito urbano de veículos junto dos edifícios mais sensíveis e que se encontram mais perto da obra; tratamento dos dados obtidos com o fim de obter uma classificação da exposição as vibrações ambientais das estruturas monitorizadas. A classificação toma em consideração a quantidade de solicitações e intensidade das vibrações (velocidade de pico máxima); descreve as características das fontes (tipo de veículo que produziu as vibrações, se pesado ou ligeiro, sua distância da estrutura e sua velocidade). À classificação é associado um mapa de exposição onde estão indicados os edifícios monitorizados e as respectivas classes de exposição (Figura 3). A realizar antes do início da escavação.
4. Análise detalhada de todas as informações inerentes à área de escavação, com particular cuidado aos logs das sondagens; realização de ensaios de campo e de ensaios de laboratório sobre provetes dos volumes que serão desmontados. Zonamento do maciço para obter o método de escavação mais apropriado em cada parte do volume (por exemplo pode-se utilizar o método do Franklin). Este zonamento permite conhecer o volume total a escavar com explosivo ou outros meios e a exacta localização dos volumes parciais relativamente às estruturas.
5. Realização de medições nas mesmas estruturas e edifícios monitorizados na situação de referência (e eventualmente podem-se escolher mais pontos de registo) das vibrações produzidas com cargas testes de explosivo. Monitoriza-se o comportamento dinâmico das estruturas ao variar da quantidade de carga por retardo. Utilizase mais do que um sismógrafo para medir o mesmo evento.
6. Tratamento dos dados. As informações dos registos realizados com cargas testes de explosivo são tratados juntamente com as informações relativas ao maciço para obter uma ou mais leis de propagação das ondas no meio rochoso. A lei é representada seja como equação seja em forma gráfica (Figura 4). Nota-se que na forma gráfica é simples obter um valor de carga máxima depois de ter introduzida a distância do ponto da detonação até a estrutura que é necessário proteger e o valor da velocidade máxima que não se quer ultrapassar.

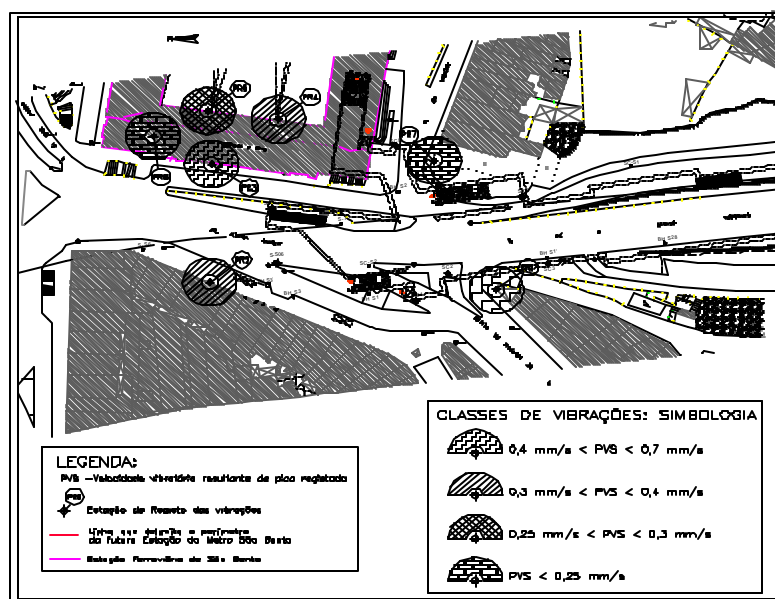


Figura 3 – Exemplo de situação de referência. Os prédios mais sensíveis e mais expostos são monitorizados.

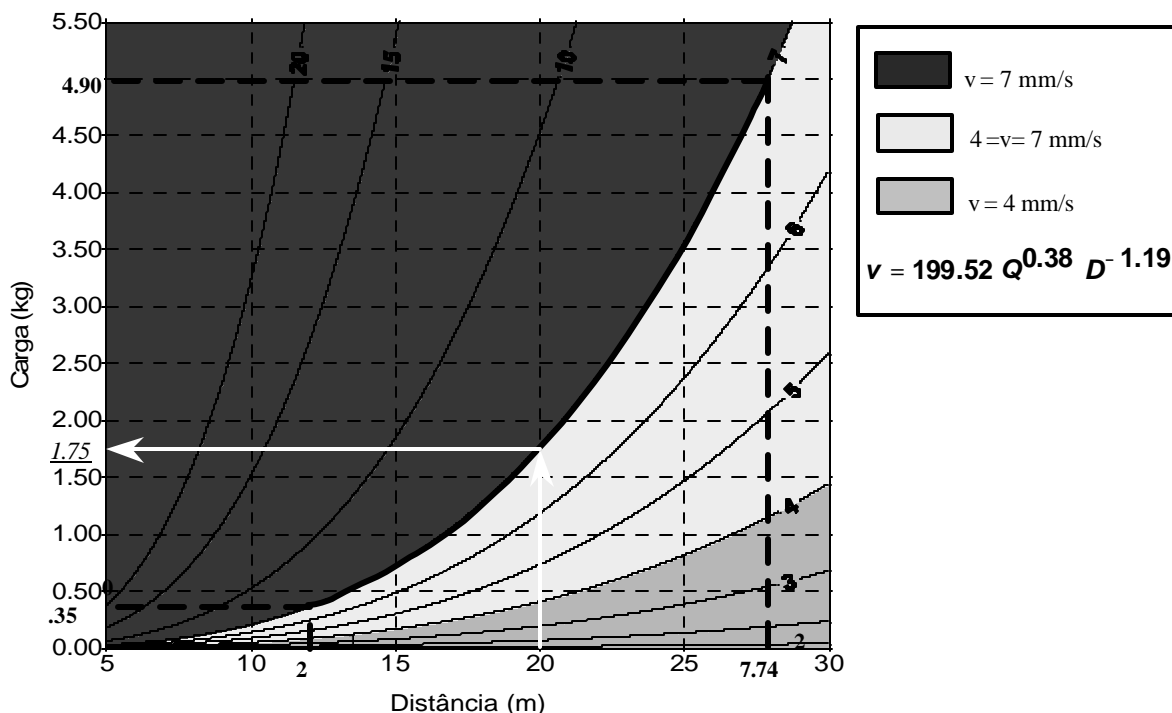


Figura 4 – Exemplo de representação gráfica da lei de propagação de vibrações.

Um estudo estruturado como acima exposto, tem relações com uma análise do risco:

- Produz uma classificação que define a exposição das estruturas às vibrações geradas no trânsito normal (situação de referência);
- Reduz a probabilidade de eventos adversos porque monitoriza-se o local e podem-se identificar os elementos precursores;
- Cria uma base de dados que é completamente utilizada na análise do risco;

As diferenças principais são, para um estudo faseado e constituído como o indicado:

- Não define um grau de risco dos eventos adversos;
- Não produz um mapa do risco;
- Não indica quem e como vai tomar as medidas de minimização que têm que ser tomadas;
- Não emite relatórios de risco periódicos
- Não prevê uma equipa que trate da análise do risco e comunique com todas as partes que participam no projecto e construção;

Uma análise do risco é um estudo que precisa de recursos económicos, de especialização no sector e de disponibilidade dos participantes a obra a colaboração. Nestas páginas apresenta-se um conjunto de indicações para realizar uma análise do risco, não estando ainda efectuada uma aplicação real às vibrações transmitidas as estruturas em ambiente urbano.

1. A fase inicial é, sem dúvida a escolha de uma equipa responsável pela análise do risco e planeamento da monitorização. Esta equipa comunica com todas as partes que participam na realização da obra.
2. O primeiro trabalho da equipa consiste na recolha de dados, entre os quais os mais importantes são:
 - Informações sobre o maciço presente na área;
 - Informações sobre o estado dos prédios e estruturas existentes;
 - Os eventuais danos que se obtiveram em situações parecidas àquela em estudo (escavações em ambiente urbano com explosivo);
 - A história da área envolvida na construção da obra, de maneira de complementar as estatísticas sobre os acontecimentos adversos passados e as informações sobre as estruturas;
 - O valor económico, histórico e social das estruturas que podem ser envolvidas em eventuais danos provocados das vibrações;

3. Desenvolvimento da situação de referência e ensaios de campo e de laboratório. Isso permite:
 - Conhecer de forma mais apropriada as características dinâmicas das estruturas e do maciço;
 - Encontrar os sítios mais sensíveis e expostos para aplicar os equipamentos da monitorização.
4. Depois de uma primeira fase de pesquisa pode-se realizar uma primeira estimativa dos danos que podem ser originados por uma escavação que não tem em conta as vibrações transmitidas ao maciço. Esta estimativa, considera as consequências económicas e sociais devidas aos danos.
5. Ensaios com cargas testes com explosivo e cálculo da lei de propagação de vibrações no maciço da obra.
6. Realiza-se uma classificação do risco, com base nos dados acumulados anteriormente. Usam-se principalmente dados relativos a estado das estruturas, efeitos das vibrações, lei de propagação, exposição dos edifícios as vibrações de origem ambiental, valor dos edifícios, etc.
7. Aplica-se a classificação do risco a todos os elementos da área e cria-se assim um mapa do risco. Na Figura 5 está representado um exemplo de um mapa do risco relativo às estruturas envolventes de uma escavação parcialmente feita com explosivo. Cada uma das estruturas é classificada num intervalo onde o risco máximo é 10 e o mínimo é 1. Assinala-se que a Figura 5 é só um exemplo e não foi obtida para uma verdadeira análise do risco. Num caso real associa-se a cada grau de risco a descrição do tipo de dano que pode verificar-se, a probabilidade e os custos aproximados.
8. Elaboração do relatório de risco.

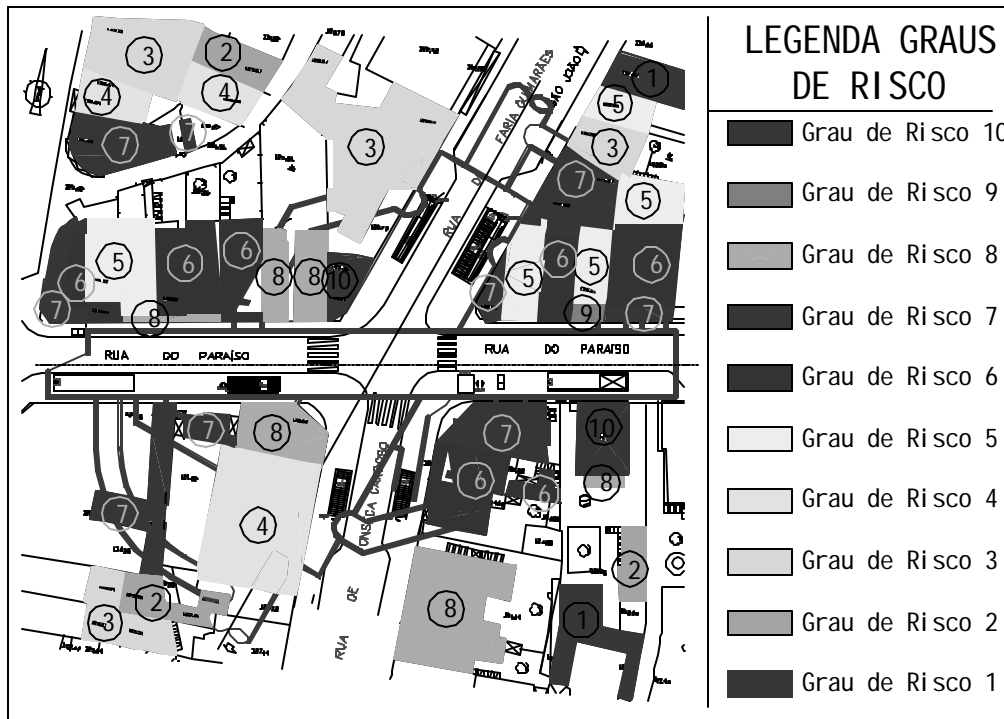


Figura 5 – Exemplo de mapa do risco de uma área envolvente uma hipotética escavação com explosivo em área urbana

5. CONCLUSÕES

A análise do risco é uma ferramenta muito eficaz para identificar e calcular a dimensão dos efeitos de tipo físico, económico e social que os eventos imprevisíveis produzem durante as fases de construção de uma obra; utilizá-la na geotecnia na mesma forma como se utiliza em outros sectores da Engenharia pode trazer grandes vantagens na redução de custos, tempo de realização e minimização de acidentes.

A análise do risco funciona sobretudo se é criada por uma equipa constituída a partir das primeiras fases do projecto de uma obra, e exigindo colaboração e comunicação entre todas as partes (dono da obra, projectista e empreiteiro).

O uso da análise do risco para determinar os danos que as vibrações transmitidas às estruturas podem criar, concretiza-se numa classificação, em mapas e em relatórios de risco; é possível com base nas informações nelas contidas conhecer os níveis de vibrações que é admissível gerar durante a escavação sem criar danos às estruturas dos edifícios próximos. Outra vantagem de uma análise do risco é que permite distinguir as vibrações geradas durante a construção da obra das outras fontes de vibração; é mais simples assim identificar os responsáveis de eventuais danos.

A aplicação da análise do risco às vibrações transmitidas a estruturas ainda não é comum: muitas vezes limita-se a aplicação da lei sobre a influência das vibrações provocadas por explosões e não se desenvolve um estudo orientado a optimização dos trabalhos de escavação em função da prevenção de riscos. Planear a situação de referência, realizar ensaios de campo, testes com explosivo e tratar os dados obtidos ao fim de obter a lei de propagação é já um passo nesse sentido.

BIBLIOGRAFIA

1. Tyrrell, A. P., Lake, L.M., Parsons, A. W., 1983. "An Investigation of the Extra Costs Arising on Highway Contrats". Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
2. Mott MacDonald and Soil Mechanics Ltd, 1994."Study of the Efficiency of Site Investigation Practices." Project Report 60, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
3. Clayton, C.R.I, 2001. "Managing Geotechnical Risk – Improving Productivity in UK Building and Construction".
4. Ingegneria Online S.r.l. - Servizi Integrati di Ingegneria, 2002, Sistemi a Logica fuzzy
5. Murck, Barbara W, Skinner, Braian J, Porter, Stephen C, 1996. "Enviromental Geology".
6. Carloni, G. C., 1998."Geologia applicata all'ingegneria per l'ambiente e il territorio", Pitagora Bologna, Italy.
7. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 1991. "UNI 9916 - Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici".
8. Dinis da Gama, Carlos, 2002. "A minimização de conflitos emergentes da construção de Túneis" Curso-Debate Sobre Túneis em Portugal.
9. Metodo de escavação do Franklin, Relatório técnicos de escavação emitidos para o CEGEO, Secção de Exploração de Minas, IST, Lisboa.