

# REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DO EDIFICADO



Sociedade  
Portuguesa  
de  
Engenharia  
Sísmica



GECORPA

# REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DO EDIFICADO

Lisboa, Ordem dos Engenheiros

3 de Abril de 2001

Editado por:

**SPES – Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica**

**GECORPA – Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património  
Arquitectónico**

Comissão Organizadora:

**Artur Ravara · Carlos Sousa Oliveira**

**Eduardo Cansado Carvalho · Mário Santos Lopes**

**Paula Teves Costa · Raimundo Delgado**

**Rogério Bairrão · Vítor Cóias e Silva**

# INDÍCE

<b>PREÂMBULO</b> .....	<b>1</b>
<b>PROGRAMA DAS SESSÕES</b> .....	<b>3</b>
<b>PROGRAMA NACIONAL</b> .....	<b>7</b>
CONTRIBUIÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA NACIONAL DE REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DO EDIFICADO .....	9
<b>SESSÕES</b> .....	<b>13</b>
VIABILIDADE TÉCNICA DE EXECUÇÃO DO “PROGRAMA NACIONAL DE REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DO EDIFICADO” .....	15
<i>V. Córias e Silva</i> .....	15
MITIGAÇÃO DO RISCO SÍSMICO EM PORTUGAL. O PAPEL DO LNEC.....	57
<i>E. Cansado Carvalho</i> .....	57
MITIGAÇÃO DO RISCO SÍSMICO. CONTRIBUTO DO CENTRO COMUM DE INVESTIGAÇÃO DA COMISSÃO EUROPEIA PARA A PROMOÇÃO DE PROGRAMAS CONJUNTOS E ACÇÕES CONCERTADAS .....	67
<i>Artur Vieira Pinto e Michel Gérardin</i> .....	67
FACTOR SÍSMICO NO CÁLCULO DO PATRIMÓNIO .....	77
<i>A. Briosa e Gala</i> .....	77
ALGUMAS REFLEXÕES PRÉVIAS À AVALIAÇÃO DO IMPACTO ECONÓMICO DOS SISMOS	83
<i>António Nogueira Leite</i> .....	83
A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE NA RESISTÊNCIA SÍSMICA DAS CONSTRUÇÕES.....	87
<i>Mário Lopes</i> .....	87
O MEGASISMO DE LISBOA NO SÉCULO XXI OU VULNERABILIDADE SÍSMICA DO PARQUE EDIFICADO DE LISBOA .....	95
<i>João Appleton</i> .....	95
O RISCO SÍSMICO E O PARQUE INDUSTRIAL .....	105
<i>Mário Lopes e Carlos Sousa Oliveira</i> .....	105
ASPECTOS DE UMA POLÍTICA HABITACIONAL DE REDUÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA NOS AÇORES .....	117
<i>Ricardo José Moniz da Silva</i> .....	117
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>123</b>
<b>LISTA DE INSCRIÇÕES</b> .....	<b>127</b>

# PREÂMBULO

A Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES) e o Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico (GECORPA) editam conjuntamente este livro na sequência de um Encontro realizado em Abril de 2001, na Ordem dos Engenheiros, para discutir e melhorar um Programa para Mitigação do Risco Sísmico.

A SPES é uma Associação cultural e científica sem fins lucrativos que tem por objectivos o desenvolvimento da sismologia e da engenharia sísmica em Portugal e a sua representação internacional. Tem vindo ao longo dos anos a realizar Encontros Nacionais de Sismologia e Engenharia Sísmica, cuja periodicidade de 4 anos foi reduzida, hoje em dia, para 2 anos. O último Encontro foi realizado em Faro, em Novembro de 1999, estando o próximo agendado para os dias 24 a 26 de Outubro de 2001, em Ponta Delgada, seguido de visita ao Faial para observar as obras de reconstrução após o sismo de Julho de 1998. Nestes Encontros de Engenharia Sísmica discutem-se essencialmente aspectos técnico-científicos do problema sísmico, contribuições para o desenvolvimento de áreas associadas, designadamente, elaboração de regulamentação técnica e estudos de suporte a actividades e planos de Protecção Civil, etc. Esta discussão está, contudo, restrita a um meio técnico muito fechado, constituído na sua maioria por investigadores universitários e de Laboratórios do Estado, e por elementos (poucos) de Empresas de Projecto e Construção e Câmaras Municipais.

O GECORPA é, na sua vertente mais lata, uma associação de empresas vocacionadas para a reabilitação do património construído, particularmente sensibilizadas para a necessidade de que as intervenções nesta área não se limitem ao aspecto exterior, mas abrangam, também, a solidez estrutural dos edifícios, em particular a sua capacidade de resistência à acção sísmica.

Nos últimos tempos, as duas associações chegaram à conclusão de que se tornava necessário ir mais longe e promover, junto da sociedade civil, uma tomada de consciência do risco sísmico, para, conjuntamente, trabalhar para o mitigar com eficácia. Não basta fazer estudos e regulamentos como os existentes, se estes não forem passados à prática. Para isso, é necessário o empenho dos principais intervenientes e interessados, ou seja, de toda a sociedade civil. Por outro lado, sabe-se que existe um enorme volume de construção antiga, procedente de épocas em que não se conhecia tão bem o comportamento sísmico e, conseqüentemente, muito mais vulneráveis a este tipo de acção. Urge compreender este problema e actuar preventivamente, reforçando essas construções ou procedendo à sua substituição progressiva. A proposta apresentada pelas duas associações, “para a Elaboração de um Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado”, surgiu para dar uma resposta a esta necessidade. Com o amplo debate promovido durante o Encontro, pretendeu-se que o “Programa” pudesse ser validado por um número mais vasto de entidades, abrangendo um leque alargado de agentes económicos e sociais.

Será que se faz pouco em investigação e desenvolvimento? Porque que é que só agora é que se avança com esta matéria?

Tem havido, naturalmente, bastante investimento em investigação e ensino; o número de investigadores nesta área tem crescido nos últimos anos, há mais escolas a ministrar conhecimentos no domínio da sismologia e engenharia sísmica. Sabe-se mais do risco sísmico mas ainda há um grande caminho a percorrer. Passos significativos nesse sentido estão, presentemente, a ser dados, do que é exemplo o Projecto da Área Metropolitana de Lisboa (AML), do Serviço Nacional de Protecção Civil.

A redução do risco sísmico em Portugal exige o esforço que agora se pretende envidar. É conhecido o passado histórico respeitante aos sismos. É sabido como o património do país foi destruído, por diversas vezes, ao longo dos últimos séculos, conhecendo-se bem a

história desde o século XVI até hoje, e os grandes sismos que ocorreram no Continente e nos Açores.

No século XX a actividade sísmica no Continente foi reduzida, tendo apenas ocorrido sismos de efeito destrutivo reduzido ou localizado em 1909, 1941 e 1969. Estamos a passar uma fase de acalmia que pode em qualquer altura vir a ser alterada. Nos Açores, contudo, ocorreram sismos importantes em 1926, 1950, 1973, 1980 e 1998.

A ideia do reforço das construções está inicialmente ligada ao apelo lançado pelo Prof. Frank Press em 1984, para que a década de 90 fosse considerada como a Década para Redução dos Riscos das Catástrofes Naturais, através de Programas envolvendo o lado prático dos problemas.

Deve também realçar-se que Programas com objectivos semelhantes estão neste momento a ser executados ou lançados noutros países, dos quais se destacam:

- EUA: programas de reforço sísmico de pontes, edifícios, monumentos e infra-estruturas datam da década de 1970, impulsionados pelas lições do sismo de São Fernando de 1971, e mais desenvolvidos a partir do sismo de Northridge de 1994.
- Nova Zelândia: desde longa data está em curso um programa de reforço sísmico de pontes.
- Japão: diversos Programas de reforço foram lançados após o sismo de Kobe de 1995.
- Itália: estão em curso Programas de redução da vulnerabilidade sísmica do Edificado de âmbito regional.
- Turquia: na sequência dos sismos de 1999 e da elevada probabilidade de Istambul ser atingida por um sismo de forte potencial destrutivo nas próximas décadas, as autoridades turcas equacionam presentemente programas com objectivos semelhantes ao proposto, acompanhadas de medidas para melhorar a qualidade de construção.
- A nível nacional, deve ser dado um realce especial aos Açores, onde um esforço muito grande para o reforço sísmico das construções tem sido desenvolvido nos últimos 20 anos, na sequência de sismos intensos, em particular o sismo da Terceira de 1980. Hoje em dia, prosseguindo uma política preventiva de mitigação do risco sísmico, o Governo Regional dos Açores assumiu a Redução da Vulnerabilidade Sísmica como um desígnio da Região, desenvolvendo legislação própria que enquadra a realidade da Região Autónoma dos Açores. Agradece-se aos representantes do Governo Regional dos Açores que participaram no Encontro por trazerem até nós a experiência adquirida com os últimos acontecimentos e com o desenvolvimento das referidas políticas.

A Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES) e o Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico (GECORPA) agradecem a participação dos autores de comunicações e dos convidados e à Ordem dos Engenheiros o apoio e a disponibilização do espaço para a realização do Encontro e da apresentação do livro.

# Programa das Sessões





**Local:** Ordem dos Engenheiros, Av. Sidónio Pais, Lote 13, Lisboa

**Dia: 3 de Abril de 2001**

09h 30m – **Abertura**

Eng. Francisco Sousa Soares, Bastonário da Ordem dos Engenheiros

### **Apresentação do Programa proposto**

09h 40m – Enquadramento nacional e europeu

Prof. C. Sousa Oliveira, Presidente da Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

09h 55m – Descrição do Programa

Eng. E. Cansado Carvalho, Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

10h 10m – Viabilidade técnica de execução do Programa

Eng. V. Córias e Silva, Presidente do Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico

10h 40m – Intervalo para café

### **Comunicações das Entidades Participantes**

11h 00m – Mitigação do Risco Sísmico em Portugal. O Papel do LNEC

Engº E. Cansado Carvalho, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

11h 15m – Mitigação do Risco Sísmico. Contributo da Comissão Europeia para a Promoção de Programas Conjuntos e Acções Concertadas

Engº Artur Vieira Pinto, Centro Comum de Investigação de Ispra

11h 30m – Factor Sísmico no Cálculo do Património

Engº A. Biosa e Gala, Associação Portuguesa de Avaliações de Engenharia

11h 45m – Algumas Reflexões Prévias à Avaliação do Impacte Económico dos Sismos

Dr. Nogueira Leite, Universidade Nova de Lisboa

12h 00m – A Importância da Qualidade na Resistência Sísmica das Construções

Prof. Mário Lopes, Instituto Superior Técnico

12h 15m – O Mega-Sismo de Lisboa no Século XXI ou Vulnerabilidade Sísmica do Parque Edificado de Lisboa

Engº João Appleton

12h 30m – O Risco Sísmico e o Parque Industrial

Prof. Mário Lopes e Prof. C. Sousa Oliveira, Instituto Superior Técnico

13h 00m – **Intervalo para almoço** (oferecido pela SPES e pelo GECORPA)

14h 30m – Aspectos de uma Política Habitacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica nos Açores

Dr. Ricardo Silva, Direcção Regional da Habitação dos Açores

15h 00m – **Debate**

Moderador: Eng. Artur Ravara, Presidente da Assembleia Geral da Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

18h 00m – **Encerramento**

# Programa Nacional



## Contribuição para a Elaboração de um Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do edificado

### 1. Introdução

#### 1.1 Enquadramento

Na história sísmica de Portugal há o registo da ocorrência de eventos sísmicos com efeitos destruidores. No entanto, os conhecimentos científicos actuais não possibilitam efectuar a previsão sísmica a curto prazo. No entanto, dada a natureza dos mecanismos de geração sísmica, sabe-se que uma região que já sofreu um sismo forte no passado, está continuamente sujeita a ser afectada por sismos intensos. Desta forma, é de esperar que novos sismos de grande potencial destrutivo ocorram no futuro em Portugal.

Porém, os danos provocados pelos sismos, tanto humanos como nas construções, dependem não só da severidade da acção sísmica como também da resistência e qualidade dessa construção ou seja, por outras palavras, da vulnerabilidade da construção a essa acção.

Grande parte do edificado das zonas de maior sismicidade do País, nomeadamente dos Açores, do Algarve e particularmente da cidade de Lisboa, encontra-se em condições de segurança muito precárias face à eventualidade de um abalo sísmico intenso.

Por exemplo, os edifícios de alvenaria, que constituem a maioria dos edifícios da cidade de Lisboa, não foram objecto de dimensionamento sísmico específico, e apresentam, consoante a tipologia a que pertencem, insuficiências como:

- Degradação das propriedades dos materiais estruturais
- Construção, por vezes, muito precária, com contraventamento insuficiente
- Recuperação, por vezes, muito precária após o terramoto de 1755
- Acrescento de pisos e caves
- Alterações, em particular ao nível das lojas, deficientemente projectadas e/ou executadas, com debilitação de paredes e fundações
- Introdução pouco criteriosa de elementos metálicos e de betão armado
- Paredes com espessura reduzida, pouco resistentes e em número insuficiente
- Fundações, por vezes, deficientes
- Presença de elementos decorativos pesados.

Também os edifícios de betão armado apresentam deficiências, em particular os edifícios ditos “sem ductilidade”, que são a maioria dos edifícios de betão armado. Nesta tipologia, é reduzida a capacidade da estrutura dissipar a energia que lhe é transmitida pelo sismo, através da deformação e redistribuição dos esforços pelos diversos elementos estruturais, e de continuar a responder como um todo sem perda significativa de resistência.

Relativamente aos edifícios mais recentes, projectados de acordo com a regulamentação actual que data de 1983, podem ou não ter resistência sísmica adequada, pois na realidade não há controle de qualidade de projecto ou construção a não ser que o dono de obra o imponha. Assim a vulnerabilidade destes edifícios pode ser extremamente variável, dependendo fortemente da qualificação e motivação dos intervenientes na construção de cada edifício.

## 1.2 Objectivos

É objectivo do presente Programa reduzir substancialmente a vulnerabilidade do edificado Português através da sua reabilitação sísmica. Pretende assim conferir-se aos edifícios uma capacidade resistente que assegure:

- a protecção de pessoas, bens e da funcionalidade dos elementos em risco para um sismo moderado, relativamente frequente (período de retorno curto) e
- a prevenção do colapso das construções para um sismo intenso, relativamente raro (período de retorno longo).

Desta forma, minimizar-se-ão as perdas económicas e sociais que o próximo sismo de grande intensidade poderá causar no território de Portugal.

De salientar que um Programa de Redução de Vulnerabilidade Sísmica deste tipo constitui uma abordagem preventiva para evitar as perdas e não uma abordagem reactiva para a minimização das consequências do desastre como são as abordagens incluídas nos planos de emergência de Protecção Civil.

O Programa dirige-se fundamentalmente à mitigação do risco das construções existentes e apenas de carácter habitacional e de escritórios, dada a elevada complexidade e dimensão do problema. Fora deste programa ficam as infra-estruturas, o parque industrial e os monumentos e os edifícios históricos ou de grande interesse arquitectónico, para os quais se deverão desenvolver programas específicos de redução da vulnerabilidade sísmica.

O lançamento do Programa proposto pressupõe mecanismos que assegurem a articulação entre diversas entidades, como sejam, as associações empresariais do sector da construção, de promotores imobiliários, de seguradoras, de proprietários e inquilinos, instituições financiadoras, etc., para além dos organismos estatais (Governo, Autarquias, Protecção Civil, Instituições normativas). O sucesso da implementação prática do Programa dependerá também da adesão dos proprietários e inquilinos dos imóveis, ou seja da população. É assim fundamental projectar a questão para fora do círculo restrito dos técnicos e investigadores, por forma a tornar-se um tema de interesse e preocupação nacional.

## 2. Tarefas a desenvolver

O Programa sugere um conjunto de tarefas e uma calendarização para a sua execução.

### T1 – Levantamento do parque habitacional e avaliação do risco

Levantamento geral do edificado situado nas zonas potencialmente mais afectadas por sismos, caracterizando-o do ponto de vista estrutural e patrimonial.

Avaliação do risco sísmico a nível nacional o que envolve a determinação das perdas económicas e sociais, como resultado de sismos futuros, e a probabilidade das mesmas ocorrerem durante um certo tempo de exposição de um conjunto de elementos em risco.

### T2 – Definição das estratégias de intervenção mais eficazes

Estabelecimento de uma estratégia de intervenção o que envolve a especificação de diversas variáveis, nomeadamente (i) o tipo e o nível de reforço ou protecção a adoptar, (ii) as tipologias sobre as quais intervir, (iii) as áreas geográficas de intervenção (iv) a percentagem de edifícios das várias tipologias a reforçar, dadas as existências da região e, finalmente, (v) os custos e benefícios de cada estratégia de intervenção.

Identificação e hierarquização das melhores alternativas de intervenção para a diminuição do risco sísmico do parque habitacional e de escritórios, de acordo com um ou mais dos critérios estabelecidos.

Parte das tarefas atrás propostas já se enquadram em estudos actualmente em curso<sup>1</sup>, prevendo-se no entanto a necessidade da sua extensão e aprofundamento.

### **T3 - Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação sísmica**

Lançamento dum programa de estudo e desenvolvimento de soluções de reabilitação sísmica, tendo em vista o estabelecimento de recomendações que facilitem as ulteriores intervenções. Este estudo deverá levar a:

- Caracterização da eficiência técnica das soluções em termos da melhoria do desempenho sísmico que se espera venham a conferir às construções.
- Pormenorização das várias soluções, incluindo desenhos-tipo, especificações de processos e materiais e mapas-tipo de quantidades e preço.

### **T4 - Criação do enquadramento legislativo**

a) O lançamento deste Programa deverá ser precedido e acompanhado de medidas legislativas essenciais, nomeadamente os aspectos relativos à qualificação de técnicos e projectistas, definição das situações de obrigatoriedade de reabilitação sísmica, alteração das regras de licenciamento de obras e projectos, adaptação do “Regime jurídico de acesso e permanência na actividade de empreiteiro de obras públicas e industrial da construção civil” e sua articulação com o Sistema Português da Qualidade e o futuro “Regime de verificação da qualidade e da responsabilidade civil nos projectos e obras de edificação”, alterações na lei das rendas e nos Planos Directores Municipais, revisão do sistema de seguros, criação de incentivos fiscais e elaboração de legislação técnica.

### **T5 - Formação e divulgação**

Introduzir as alterações necessárias nos “currícula” de engenharia e arquitectura, dando maior ênfase à reabilitação e, em particular, à reabilitação sísmica. Em paralelo, dar maior ênfase aos critérios de boa concepção sísmica nas novas construções.

Criar programas de formação complementar na área da reabilitação sísmica, tendo em vista a “reciclagem” dos profissionais já no activo e promover a formação de quadros médios e operários especializados nas técnicas de reabilitação sísmica.

Implementar projectos de demonstração das principais soluções e divulgar as questões relacionadas com a vulnerabilidade sísmica junto do grande público.

### **T6 - Elaboração de planos-directores de reabilitação sísmica**

Desenvolvimento sistemático de planos de reabilitação sísmica a nível do município. Planos de reabilitação sísmica do edificado urbano estão já em curso noutras zonas do planeta onde este problema se coloca, sendo essencial a sua análise e divulgação.

---

<sup>1</sup> Destacam-se o estudo promovido pelo Serviço Nacional de Protecção Civil para a Área Metropolitana de Lisboa envolvendo Centros de Investigação da Faculdade de Letras e da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, do Instituto Superior Técnico e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil e o estudo relativo à Mitigação do Risco Sísmico em Portugal, em curso naquele Laboratório com financiamento da Fundação da Ciência e Tecnologia

## T7 - Execução dos trabalhos

### 3. Custos e calendarização

Dados os recursos que será necessário disponibilizar para implementar o Programa proposto, este terá necessariamente de ser executado ao longo das próximas décadas. O objectivo é ter o Programa executado por volta do ano 2025. No quadro seguinte apresenta-se uma proposta de calendarização das tarefas respectivas:

Tarefa	Início	Conclusão
T1 – Levantamento do parque habitacional e avaliação do risco	2001	2004
T2 - Definição das estratégias de intervenção mais eficazes	2001	2004
T3 - Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação sísmica	2001	2006
T4 - Criação do enquadramento legislativo	2001	2004
T5 - Formação e divulgação	2001	Sem limite
T6 - Elaboração de planos-directores de reabilitação sísmica	2003	2006
T7 - Execução dos trabalhos	2005	2025

Sendo muito difícil à luz dos conhecimentos actuais fazer uma estimativa detalhada dos custos do Programa proposto, é no entanto fundamental ter a percepção da sua ordem de grandeza. Tomando como base de partida as existências do parque habitacional e as suas características nas zonas de maior risco sísmico<sup>2</sup> e atribuindo a cada tipo estrutural um custo de reabilitação sísmica em percentagem do custo de construções novas, estima-se, em primeira aproximação, que o custo global do Programa proposto seja da ordem dos 5000 milhões de contos, ou seja, cerca de 20% do PIB.

Obviamente um volume de investimentos desta ordem de grandeza impõe o faseamento da execução do Programa ao longo das próximas décadas, propondo-se um prazo de 25 anos para a conclusão dos trabalhos. Nestas condições e face à estimativa de custo indicada, o investimento associado ao Programa seria de cerca de 200 milhões de contos/ano. No entanto através de uma política adequada caberia apenas ao Estado assegurar os subsídios necessários para incentivar o sector privado que suportaria a maioria dos custos.

Alternativamente, corre-se o risco de concentrar num único momento uma perda económica de grandes proporções, com todas as circunstâncias agravantes associadas a uma grande perturbação do tecido social e económico e à perda de vidas humanas.

<sup>2</sup> Nestas zonas (Lisboa e Vale do Tejo, Sul de Portugal Continental e Açores) e de acordo com os Censos de 1991 e estimativas do Instituto Nacional de Estatística, admitem-se as seguintes existências: (i) 940 milhares de edifícios (estimativa para 1998), 2.0 milhões de alojamentos (estimativa para 1998), e 3.8 milhões de pessoas residentes (Censos de 1991).



# Sessões



## **Viabilidade técnica de execução do “Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado”**

V. Córias e Silva

(GECORPA - Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico)

### **Sumário**

Pretende-se demonstrar que a redução da vulnerabilidade sísmica do edificado nacional através da reabilitação estrutural é tecnicamente viável, face à capacidade existente no país, em particular nas empresas ligadas ao sector da construção, e em termos das tecnologias e materiais hoje disponíveis.

### **1. Introdução**

O enquadramento da reabilitação sísmica do edificado português em zonas de intensidade sísmica importante foi objecto de uma comunicação apresentada pelo autor no Encontro promovido pelo LNEC, no âmbito das comemorações do 50º aniversário daquela instituição, em Novembro de 1997 [Silva, 1997a], cujas actas ainda não foram publicadas, e também já foi abordado nas anteriores comunicações deste Encontro, pelo que não será aqui desenvolvido.

O grande objectivo do Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado, a seguir designado por “Programa”, é reduzir substancialmente a vulnerabilidade do edificado português, através da sua reabilitação sísmica.

O lançamento de um plano de alcance tão vasto, a prazo tão dilatado e de características tão inovadoras pressupõe, necessariamente, alguns ajustamentos e a correcção de algumas insuficiências, quer ao nível do tecido empresarial do sector da Construção Civil e Obras Públicas (CC&OP), quer ao nível dos organismos que superintendem esta actividade e intervêm na sua regulação.

A capacidade técnica do tecido empresarial é decisiva para a viabilidade do Programa, pois serão as empresas que terão de ser chamadas a desenvolver as maior parte das tarefas que dele constam.

Com a presente comunicação pretende-se fazer um primeira avaliação da capacidade técnica existente no país, tendo em vista a concretização dos objectivos do Programa.

### **2. O edificado a reabilitar**

A Fig. 1 mostra a evolução das tipologias construtivas do edificado lisboeta ao longo do milénio que agora acabou. À medida que o porte dos edifícios aumenta, os materiais utilizados vão evoluindo da madeira para a alvenaria e, no último século, para o betão armado.

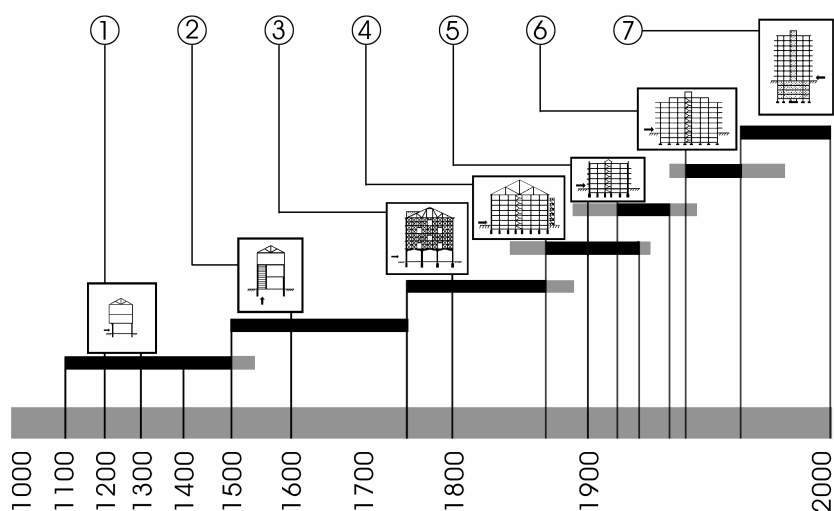


Fig.1 - Evolução dos processos construtivos correntes do edificado de Lisboa. 1,2 - anteriores a 1755; 3 - pombalino; 4 - "gaioleiro"; 5 - paredes de alvenaria e "placa"; 6 e 7 - betão armado

O Quadro I apresenta a distribuição dos edifícios de alvenaria e betão armado, actualmente existentes em Lisboa, pelas tipologias atrás referidas.

Quadro I - Distribuição dos edifícios de Lisboa pelas principais tipologias estruturais

Tipologia estrutural	Quantidade	%
Anteriores a 1755, pombalinos e "gaioleiros"	28 000	50
Placa	11 200	20
Antigos de betão armado, "sem ductilidade"	13 900	25
Recentes de betão armado, "com ductilidade"	3 137	5

Nota: Este quadro resulta de um cálculo feito a partir da informação recolhida pelo INE nos Censos 91, distribuindo os 57 000 edifícios de alvenaria e betão armado pelas seis tipologias actualmente existentes, utilizando como referências os estudos parcelares já efectuados em zonas mais restritas [LNEC, 1990, Oliveira, 1986, 1987].

Segundo as estatísticas, existem, ao todo, em Portugal mais de 1 000 000 de edifícios construídos antes de 1945, representando mais de 40% do total, e cerca de 360 mil habitações reclamam obras urgentes de reabilitação. Grande parte do edificado da cidade de Lisboa e, na generalidade, das zonas de maior intensidade sísmica do país, encontra-se em condições de segurança muito precárias, face à eventualidade dum abalo sísmico intenso. Os edifícios de alvenaria, que constituem cerca de 70% do edificado de Lisboa, apresentam, consoante a tipologia a que pertencem, insuficiências como:

Degradação das propriedades dos materiais estruturais

Construção, por vezes, muito precária, com contraventamento insuficiente

Recuperação, por vezes, muito precária após o terramoto de 1755

Acrescento de pisos e caves

Alterações, em particular ao nível das lojas, deficientemente calculadas e/ou executadas, com debilitação de paredes e fundações

Introdução pouco criteriosa de elementos metálicos e de betão armado

Paredes com espessura reduzida, pouco resistentes e em número insuficiente

Fundações, por vezes, deficientes

Presença de elementos decorativos pesados.

No anexo IV discriminam-se em mais pormenor estas insuficiências e apresentam-se alguns exemplos de aplicação de técnicas para as eliminar.

Também os edifícios de betão armado apresentam deficiências, em particular os edifícios ditos “sem ductilidade”, que representam cerca de 25% no conjunto do parque edificado de Lisboa. Nesta tipologia, é reduzida a capacidade da estrutura dissipar a energia que lhe é transmitida pelo sismo, através da deformação e redistribuição dos esforços pelos diversos elementos estruturais, e de continuar a responder como um todo sem perda significativa de resistência. Incluem-se no grupo dos edifícios de betão armado considerados “sem ductilidade” quer os edifícios cujo projecto e construção são anteriores ao Regulamento de Segurança das Construções contra os Sismos, de 1958 (Dec.nº 41 658 de 31 de Maio de 1958), quer os edifícios que, embora dimensionados à luz dessa regulamentação, contrariam as regras básicas de uma boa concepção anti-sísmica (são exemplos os edifícios com pisos vazados ou os edifícios sem suficiente travamento horizontal).

No anexo V discriminam-se em mais pormenor as insuficiências dos edifícios de betão armado e apresentam-se alguns exemplos de aplicação de técnicas para as eliminar.

### 3. Tarefas a desenvolver

Tendo em vista atingir o objectivo, o Programa enumera um conjunto de sete acções ou tarefas a desenvolver.

T1 – Levantamento do parque habitacional e avaliação do risco

T2 – Definição das estratégias de intervenção mais eficazes

T3 - Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação sísmica

T4 - Criação do enquadramento legislativo

T5 - Formação e divulgação

T6 - Elaboração de planos-directores de reabilitação sísmica

T7 - Execução dos trabalhos.

No Quadro II agrupam-se estas tarefas, discriminando-as um pouco mais, numa matriz traduzindo o envolvimento dos diversos agentes e parceiros. Em termos operacionais, a realização dessas tarefas envolve, fundamentalmente, as *empresas* ligadas ao sector da CC&OP. Mas exige, também, a participação de um conjunto de outras entidades, como os organismos reguladores ou representativos de diversos interesses, para além do próprio estado.

Nas figuras constantes do anexo I apresenta-se um diagrama de fluxo que faz um primeiro ordenamento das diversas tarefas, mostrando, também, as entidades envolvidas.

A viabilidade técnica do Programa deverá ser avaliada tendo em conta quatro factores fundamentais:

“Saber fazer”

Estrutura organizativa da entidade que o vai coordenar e monitorar, e do conjunto de parceiros que o vão pormenorizar e executar.

Quadro técnico alocado

Disponibilidade de meios humanos operacionais e tecnológicos.

Quadro II – Tarefas a desenvolver: envolvimento dos diversos agentes e parceiros

Tarefa	Entidade	Ent./Gov.	LNEC	IIU	ISP	CMs	IPQ, Ent. Acr.	IMOPPI	AEs general.	GECORPA	APPC	Ordens	Cenfic et al.	APMC	FCT, AdI	Emp. Grupo I	Emp. Grupo II	Emp. Grupo III	Emp. Grupo IV
	Designação																		
T4	Plan. Geral; prioritização; def. critérios (zonam., formação, qualif. homolog.). Legislação. Incentivos	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
T1, T2, T5	Recolha e prod. documentação-base, incl. Cad. Enc. (levantam., inspecção e execução trab.)		X	x												x			
T5	Formação quadros técnicos (concepção e planeam.)		x	X												x			
T3	I&D e aperf. materiais, produtos e tecnologias incl. Docum. técnica específica		X	X											X	x		x	x
T4	Homologação, certif. de materiais, produtos e tecnologias		X				X			x				x		x		x	x
T1	Levantamentos e inspecções															X	X		
T5	Formação quadros técnicos operacionais		x	X					x	x		X							
T5	Formação operários												X						
T6	Alteração PDMs e regras de licenciamento	X				X										x			
T4	Qualif. Empresas Grupo I		X				X			x	x	X							
T4	Qualif. Empresas Grupo II		X				X	x		x									
T4	Qualif. Empresas Grupo III						X	X	x	x									
T4	Qualif. Empresas Grupo IV		X				X			x				X					
T7	Exec. Trabalhos (incl. levantam. e I&E, projecto, exec. e fiscaliz.)															X	X	X	X

### 3.1 T1 - Levantamento do parque habitacional e avaliação do risco

Este levantamento é condição indispensável para o planeamento do Programa. O levantamento foi iniciado há já alguns anos, mas foi interrompido. Se se pretender restringir o Programa às zonas do país de maior risco sísmico, será necessário estender o levantamento a toda a região de Lisboa e Vale do Tejo, Algarve e Açores. Estão em causa cerca de um milhão de edifícios. A execução de um tal levantamento não oferece dificuldades técnicas de maior em termos de “saber fazer”. Poderá apresentar algumas dificuldades em termos de disponibilidade de meios humanos operacionais, devido à quantidade envolvida. Pressupõe uma adequada qualificação das empresas dos Grupos I e II (ou profissionais de engenharia), chamadas a levá-la a cabo. Tal qualificação obriga, naturalmente, a uma formação específica e esta, por seu turno, só é possível com base em manuais e meios audio-visuais especializados. A sua realização em quatro anos levaria a que fossem inspeccionados 250 000 edifícios por ano, ou seja, mil edifícios por dia espalhados pelas três regiões envolvidas. Se cada equipa de inspecção (um engenheiro e um auxiliar) visse quatro edifícios por dia, seria necessário mobilizar 250 equipas. Existe experiência neste tipo de trabalho, por exemplo, as inspecções sistemáticas realizadas antes das obras dos túneis dos metropolitanos.

### 3.2 T2 - Definição das estratégias de intervenção

Trata-se de uma tarefa que envolve apenas estudo aprofundado das principais tipologias construtivas em presença. Passa pela aplicação, de forma sistemática, da mesma metodologia seguida no projecto de intervenções de reabilitação estrutural. Poderá envolver um componente experimental mais ou menos desenvolvida. O LNEC, os “Institutos de Investigação e de Interface” ligados às universidades e as empresas do grupo I possuem condições técnicas para a levar a cabo, sem dificuldades de maior.

A análise custo benefício apresenta, neste caso, limitações importantes, resultantes por um lado, da falta de dados seguros sobre os custos das intervenções de reabilitação sísmica, para vários tipos de edifício e em várias regiões; por outro lado, pela dificuldade de estimar a probabilidade número e sequência dos sismos bem como o valor dos danos evitados, etc. [Comerio, 1991].

Ao nível operacional, a reabilitação sísmica de um edifício pode ser conseguida pondo em prática uma ou mais das estratégias a seguir indicadas. O potencial de cada uma delas para o caso dos edifícios em apreço varia, não se apresentando todas igualmente promissoras. De qualquer modo, a disponibilidade destas estratégias representa uma alternativa real e muito interessante à simples demolição e reconstrução, solução normalmente muito mais cara, e com um o impacto ambiental muito maior, quer em termos globais (transporte e depósito dos entulhos, consumo de materiais virgens, gastos de combustível, gastos energéticos), quer em termos da envolvente urbana imediata (produção de ruídos, poeiras e detritos, sobrecarga da rede viária, etc.)

As recomendações do [Building Seismic Safety Council] apontam as seguintes sete estratégias principais:

1. Modificação local de componentes estruturais
2. Eliminação ou redução de irregularidades e descontinuidades
3. Aumento global da rigidez
4. Aumento global da resistência
5. Redução da massa
6. Isolamento sísmico



### 7. Aumento da capacidade de dissipação de energia.

A definição das estratégias de intervenção com vista à reabilitação sísmica dos edifícios não coloca dificuldades técnicas importantes.

### 3.3 T3 - Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação

Trata-se de uma actividade que o LNEC, os “Institutos de investigação e Interface” ligados às universidades e as empresas do grupo I possuem condições para a levar a cabo, sem dificuldades de maior, em parceria com empresas dos grupos III e IV e com o apoio de entidades como a FCT e a AdI. Neste contexto, vem a propósito referir aqui o projecto COMREHAB [Silva, 1999]. Trata-se de um projecto Eureka, em curso desde 1999, com apoio comunitário gerido pela AdI, cuja primeira fase se conclui em meados deste ano. O anexo II mostra alguns aspectos do sistema concebido, dos provetes e dos ensaios já realizados. No âmbito internacional, o objectivo é desenvolver materiais e técnicas de aplicação de compósitos pré-impregnados, de custo reduzido e baixa energia de cura, para aplicação na reparação e reforço de estruturas. Além da empresa portuguesa Stap, participam neste projecto empresas e entidades de investigação de Espanha, Reino Unido, Itália, Eslovénia e Roménia.

Para o parceiro português o projecto tem grande interesse nas aplicações que visam a reabilitação sísmica de estruturas existentes, em particular, as construções antigas e o património arquitectónico. Neste último caso, tem especial relevância a possível reversibilidade das aplicações.

O projecto internacional desenvolve-se em três fases, sendo a primeira dedicada ao estudo da viabilidade e aos ensaios laboratoriais básicos, a segunda aos ensaios laboratoriais em grande escala e a terceira à validação, através da aplicação da nova tecnologia a casos concretos de reabilitação de edifícios.

Na sua componente portuguesa, o projecto “COMREHAB” parte da experiência de 20 anos do parceiro português no domínio da reparação, reforço e consolidação de estruturas, e tem por objecto desenvolver um sistema de reforço que permita conferir aos edifícios um comportamento sísmico que assegure o equivalente a um “Objectivo Básico de Segurança” (Basic Safety Objective, BSO) [ATC, 1996]:

Protecção da vida dos ocupantes para um sismo moderado, relativamente frequente (período de retorno curto)

Prevenção de colapso para o sismo máximo, relativamente raro (período de retorno longo).

Concretamente, o projecto tem em vista, além da tipologia estrutural pombalina, as tipologias “gaioleiro” [Silva, 1997b] e “placa” [Silva, 1996]. De facto, se as soluções pouco intrusivas são particularmente bem-vindas no caso de edifícios com relevância arquitectónica (caso da Baixa Pombalina), são igualmente úteis em edifícios correntes, dado reduzirem a perturbação e o incómodo causados aos utentes, possibilitando, em muitos casos, que as intervenções de reabilitação se façam sem que seja necessário desalojá-los.

No âmbito do projecto COMREHAB, são estudadas soluções de reforço à flexão de paredes de alvenaria de pedra (nembos), utilizando materiais compósitos baseados em fibras de alta resistência, um tipo de reforço que pode ter particular interesse no domínio dos edifícios históricos e monumentos. As vantagens em relação às soluções baseadas no betão armado são inúmeras: menor perturbação quer dos utentes, quer da estrutura propriamente dita; menor peso, com a consequente redução da acção sísmica, e dispensando o eventual reforço de fundações. A afinação das diversas soluções e a avaliação da sua eficácia, no que respeita às aplicações sísmicas, será efectuada através

de diversos tipos de ensaios, realizados por várias entidades, ao longo das três fases do projecto.

### 3.4 T4 – Criação do enquadramento legislativo

Trata-se, sob esta designação, para além do fundamental enquadramento legislativo, das actividades de planeamento geral, prioritização, e definição de critérios para diversas áreas de decisão: zonamento, formação e qualificação dos agentes, homologação de técnicas e materiais. A coordenação destas actividades poderá ser cometida a uma entidade já existente ou levar à criação de uma entidade autónoma, dada a sua extensão, duração e complexidade. Uma vez estruturado um órgão coordenador, esta tarefa não coloca dificuldades técnicas importantes.

Um dos mecanismos a criar no enquadramento legislativo, são incentivos: em Los Angeles, por exemplo, a câmara dispensa o requerente de um conjunto de imposições, como por exemplo, a de construir estacionamento, e concede-lhe derrogações de algumas exigências regulamentares, se ele fizer a reabilitação sísmica do seu imóvel. Existem, também, incentivos fiscais: crédito de 20% dos encargos de reabilitação sísmica de edifícios de risco, que sobe para 25% se o edifício tiver valor histórico; aceitação de períodos reduzidos de amortização do investimento, etc.. Existem, ainda, incentivos a canalizar pela via das seguradoras: os prémios poderiam ser reduzidos para edifícios que tivesse sido reabilitados do ponto de vista sísmico.

### 3.5 T5 - Formação e divulgação

As insuficiências dos vários agentes envolvidos, que serão analisadas em mais pormenor em 4, podem pôr em risco o sucesso do Programa, pelo que a sua eliminação é essencial. Para o conseguir é necessário um grande esforço de formação e de divulgação, baseado em documentação bem estruturada e de elevada qualidade. Neste contexto, pode citar-se o exemplo da Federal Emergency Management Agency (FEMA). Desde que, em 1984, lançou o seu programa de reabilitação sísmica, foram produzidas duas dezenas de publicações e programas de *software* e material de treino audio-visual, que foram distribuídos a empresas projectistas, quadros de serviços que superintendem a construção de edifícios, docentes, investigadores e público em geral. Este material técnico está contido numa triologia:

- 1) Um método para a identificação rápida de edifícios que podem ser perigosos em caso de sismo, o que pode ser feito sem aceder ao próprio edifício;
- 2) Uma metodologia para avaliação mais pormenorizada dos edifícios, quanto a defeitos que possam originar o seu colapso em caso de sismo
- 3) Um compêndio das técnicas mais usadas na reabilitação sísmica.

Além desta documentação de natureza estrutural, foi levado a cabo um estudo sobre custos [FEMA], um *software* para aplicação de modelos custo/benefício para utilização por entidades públicas e privadas e foram também desenvolvidos outros temas de interesse para a sociedade, como a identificação de uma matriz de questões sócio-económicas que se poderão levantar ao levar a cabo um programa de reabilitação sísmica do edificado. Desde 1997, os EU dispõem de um conjunto completo de guias ou manuais, com comentários, sobre a reabilitação sísmica de edifícios, que permitem aos projectistas escolher abordagens adequadas a diferentes níveis de segurança sísmica, tendo em conta a localização geográfica, os objectivos de desempenho, o tipo de edifício, de ocupação e outros factores relevantes. Estes documentos foram circulados por um vasto conjunto de entidades envolvidas e representativas do espectro de potenciais utilizadores. Este trabalho foi realizado recorrendo a empresas de consultoria privadas, envolvendo um dispêndio de mais de dezasseis milhões de dólares ao longo de mais de 13 anos.

A realização de um esforço de preparação idêntico é condição essencial para que o Programa atinja os seus objectivos. Esta tarefa pressupõe um trabalho bastante extenso e meticuloso, elevados conhecimentos tecnológicos e uma apreciável capacidade de respeitar especificações. Exige executantes disciplinados e bem organizados, pelo que a certificação ISO 9000 é um critério de selecção justificado.

### 3.6 Planos directores de reabilitação sísmica

Trata-se do desenvolvimento, ao nível do município, dos princípios que vierem a ser adoptados e da sua incorporação nas regras de licenciamento. É uma actividade a coordenar pelas câmaras municipais e a desenvolver por empresas do grupo I. Não coloca dificuldades técnicas relevantes.

### 3.7 T7 – Execução dos trabalhos

A última tarefa do Programa, execução em obras das intervenções de reabilitação sísmica, envolve as empresas dos quatro grupos. Incluem-se:

Levantamentos complementares, os ensaios de caracterização dos materiais e das anomalias encontradas

Elaboração do projecto, caderno de encargos, especificações, mapas de medições e orçamentos e tudo o mais necessário para o lançamento das empreitadas

Execução propriamente dita dos trabalhos, incluindo a sua adequada direcção e fiscalização.

Nesta actividade é necessário fazer corresponder a qualificação das empresas intervenientes às quatro classes de dificuldade dos trabalhos, ao risco envolvido e à tecnologia utilizada, pelo que será necessário introduzir alterações no regime de classificação e autorização das empresas. A fim de assegurar a viabilidade técnica das diferentes fases do processo, desde a concepção à fiscalização, em termos dos quatro factores acima referidos (“saber fazer”, estruturação, quadro técnico e meios humanos e tecnológicos), o regime deverá abranger os quatro grupos de empresas envolvidos e não apenas os empreiteiros, como actualmente acontece.

## 4. O tecido empresarial da CC&OP

A qualidade final das intervenções de reabilitação a levar a cabo depende em larga escala da qualidade do desempenho de cada um dos agentes envolvidos, em particular aqueles que têm a seu cargo as funções de **concepção, execução e planeamento e controlo**. Daí que qualquer tentativa de avaliação da capacidade de desempenho deva destringir quatro grupos de empresas (Quadro III):

*Quadro III – Grupos de empresas do sector da CC&OP*

Grupo	Designação	Funções
I	Gabinetes de projecto, fiscalização e consultoria	Concepção, planeamento e controlo
II	Especialistas em levantamentos, Inspeções e ensaios	Apoio à concepção, controlo
III	Empreiteiros gerais e empreiteiros especialistas	Execução
IV	Fabricantes e/ou distribuidores de produtos e materiais específicos	Apoio à execução

#### 4.1 Grupo I - Gabinetes de projecto, fiscalização e consultoria

É na fase de projecto que radicam as causas da maior parte das anomalias que, infelizmente, assumem proporções elevadas nos edifícios, mesmo em empreendimentos novos. Por exemplo, no caso dos projectos de estruturas, estudos em diversos países, onde o controlo de projecto é mais apertado, [Costa], concluíram que cerca de 50% dos custos necessários para a reabilitação das construções novas afectadas incidiram sobre situações originadas por erros ou por omissões de projecto. Segundo um estudo recente realizado no Norte do país, [Ribas], 64% dos projectos classificados quanto ao nível da qualidade obtiveram nota “*medíocre*” ou “*insuficiente*”, e só 2% obtiveram “*bom*”. Cabe perguntar: se a generalidade dos nossos projectistas têm este nível de qualidade ao elaborar projectos de novos edifícios de betão armado (material por excelência nos currículos dos cursos), que nível se poderá esperar quando projectarem intervenções em construções existentes, de materiais e tecnologias que quase não foram versadas nos seus cursos? Outro estudo [Lourenço] demonstra que a própria utilização das ferramentas de cálculo é assustadoramente deficiente.

Se, no caso de construções novas, a utilização das ferramentas de projecto é deficiente e se o projecto classificado como um todo é também deficiente, as reservas no caso dos projectos de construções antigas são enormes. De facto, as licenciaturas em arquitectura e engenharia civil concentram-se, praticamente de forma exclusiva, em construções novas, com resultados, aparentemente, aquém do desejado. No caso das construções antigas, em que a formação dos técnicos ao nível da licenciatura é praticamente inexistente e em que a complexidade técnica e a necessidade de conhecimentos interdisciplinares é máxima, parece legítimo concluir que a qualidade dos projectos é extremamente baixa.

#### 4.2 Grupo II - Especialistas em levantamentos, Inspeções e ensaios

As intervenções de reabilitação pressupõem um trabalho preparatório de recolha da informação necessária à definição da estratégia de intervenção, envolvendo a inspecção dessas construções e a realização de levantamentos e ensaios de natureza diversa, normalmente “*in situ*”, não-destrutivos ou reduzidamente intrusivos, tendo em vista a caracterização da construção, da sua estrutura, dos materiais que a constituem e das anomalias eventualmente existentes. Os ensaios realizados “*in situ*” podem ser completados com a recolha de amostras para ulterior ensaio laboratorial. Métodos semelhantes são, também, utilizados para controlo da qualidade em obra.

Por se tratar de técnicas novas e pouco conhecidas, a sua utilização não é, na maior parte dos casos, em Portugal, objecto de regulamentos, normas, especificações, ou manuais. A própria formação dos diversos actores envolvidos nas intervenções – donos de obra, projectistas, fiscalizações, empreiteiros -- não contempla, desde logo, a familiarização com tais técnicas. Estas circunstâncias levam a que a sua aplicação se preste a um certo aventureirismo.

#### 4.3 Grupo III - Empreiteiros

A regulação da actividade das empresas empreiteiras, responsáveis, em última instância, pelo sucesso ou insucesso das intervenções, é uma tradição em Portugal. Se se considerarem os baixos padrões de qualidade dos trabalhos correntes de construção civil, facilmente se compreende que o sucesso de intervenções muito mais complexas como as envolvidas pela reabilitação sísmica fica seriamente comprometido se essas intervenções não forem entregues a empresas com a necessária qualificação. Para permitir um adequado enquadramento das intervenções de reabilitação sísmica, será necessário introduzir no sistema tradicional de qualificação das empresas de CC&OP algumas modificações e, sobretudo, promover a sua efectiva aplicação, para além de se permitir uma maior participação das associações profissionais especializadas.

#### 4.4 Grupo IV - Fabricantes e/ou distribuidores de produtos e materiais específicos

Existe no mercado uma oferta diversificada de materiais vocacionados para a reabilitação de construções antigas, entre as quais se destacam as argamassas já doseadas e misturadas, vendidas em sacos, a que só é necessário em obra adicionar água. Estas argamassas e produtos afins, têm, no entanto e com frequência, o inconveniente de não respeitarem uma exigência fundamental dos materiais de reparação, que é a sua compatibilidade com os materiais originais, em presença na construção a reabilitar. Daí o grande número de insucessos em intervenções deste tipo. Os materiais poliméricos utilizam com base as resinas de epóxico e de poliéster, podendo, no futuro, vir a utilizar outros tipos de resinas. Ao contrário dos baseados em ligantes hidráulicos, trata-se de produtos orgânicos, quimicamente inertes, mais deformáveis que os produtos cimentícios, não colocando, com a mesma aquidade, o problema da compatibilidade.

O Quadro IV dá uma ideia das principais insuficiências de cada um dos grupos de empresas originárias de outros tantos factores de risco de insucesso.

*Quadro IV - Insuficiências e factores de risco de insucesso associados aos vários grupos de empresas*

Grupo	Factores de risco de insucesso mais frequentes
I – Gabinetes de projectos, consultoria e fiscalização	Preparação voltada sobretudo, para a construção nova e para os aspectos relacionados com a estética (gabinetes de arquitectura), ou com o cálculo (gabinetes de estruturas), em detrimento dos relacionados com a tecnologia, qualidade e durabilidade das intervenções de reabilitação
II – Especialista em inspecções e ensaios	Insuficiente estruturação organizativa. Ausência de sistemas de garantia de qualidade. Idoneidade, por vezes, duvidosa
IIIa – Grandes empreiteiros	Vocação predominante para a construção nova. Tendência a transformarem-se em gestores, intermediários entre o Dono da Obra e o subempreiteiro. Propensão para a utilização de mão de obra sem a necessária qualificação. Escolha dos subempreiteiros especializados baseada apenas no preço. Ausência de pós-venda.
IIIb – Pequenos empreiteiros	Insuficiente estruturação. Incapacidade técnica. Recurso a mão de obra sem formação. Recursos financeiros insuficientes. Ausência de sistemas de garantia de qualidade. Idoneidade, por vezes, duvidosa (“cowboy builders”)
IV - Fabricantes e/ou fornecedores de materiais	Tendência a fornecerem produtos tipo “caixa negra”. Escoamento através de aplicadores não acreditados. Deficiente acompanhamento da aplicação

Às insuficiências e factores de risco de insucesso destes agentes, há que somar as inerentes ao próprio Dono da Obra:

Deficiente consciencialização quanto à necessidade de conservação e reabilitação do seu património. Desconhecimento das questões técnicas envolvidas pela conservação e reabilitação. Dificuldade em estabelecer devidamente os objectivos da intervenções. Pouca selectividade na escolha do projectista e do empreiteiro. Demasiado peso dos factores de curto prazo.

## 5. Capacidade técnica das empresas

A especialização de uma empresa tem a ver, basicamente, com o “saber fazer”, os meios humanos e, complementarmente, de equipamento, nela disponíveis. A natureza desses conhecimentos e dos meios para os pôr em prática permite estabelecer as especialidades que a empresa está em condições de oferecer. Não basta, no entanto, que os conhecimentos e os meios disponíveis sejam os adequados: é necessário que se apresentem estruturados de forma equilibrada, para assegurarem a sua operacionalidade.

A avaliação da capacidade técnica das empresas tem, portanto, normalmente, em conta:

- A) Conhecimentos ou “saber fazer”;
- B) Quadro técnico permanente;
- C) Meios de acção, com especial incidência no pessoal especializado e nos meios tecnológicos;
- D) Estrutura geral, com especial incidência na sua organização e dimensão.

As considerações que se farão a seguir referem-se apenas às empresas. A realização do Programa pressupõe, igualmente, capacidade técnica dos organismos reguladores do sector que serão chamados a intervir, isto é, os institutos e departamentos do estado, a nível do governo e das autarquias.

### 5.1 “Saber fazer”

A posse pela empresa, de conhecimentos especializados nas diferentes áreas de actividade envolvidas pela reabilitação sísmica é indispensável para o sucesso das intervenções. O “saber fazer” da empresa é o “saber fazer” dos seus colaboradores, mas vale mais do que a soma dos conhecimentos isolados daqueles. Este efeito é tanto mais sensível quanto menor for a rotação dos colaboradores da empresa e quanto maior for a partilha dos conhecimentos entre os membros da equipa. A postura da empresa pode ser mais ou menos conducente à manutenção e valorização do “saber fazer”.

### 5.2 Quadro técnico

Face ao seu grau de especialização e à política da qualidade, as empresas têm necessidade de um quadro técnico mais ou menos desenvolvido. Face às mesmas circunstâncias, as empresas podem ter necessidade de contratar quadros com nível técnico mais elevado e seguir critérios mais exigentes na selecção dos seus engenheiros e outros licenciados do que a construção corrente. As empresas têm de dispor, também, de quadros intermédios com a adequada formação. Consideram-se quadros da empresa os profissionais com contrato de trabalho com a empresa, incluídos nos boletins para a segurança social e, exceptuando os quadros superiores, em dedicação exclusiva.

### 5.3 Meios de acção

#### 5.3.1 Pessoal especializado

A competência dos operários especializados resulta:  
da formação escolar básica  
da formação profissional adquirida  
do enquadramento em sistemas de qualificação devidamente estruturados  
da carreira profissional  
da prática do estaleiro.

As especialidades poderão ser agrupadas em três grupos:

**Especialidades correntes:** trata-se das especialidades actualmente existentes.

**Especialidades tradicionais:** consideram-se as especialidades correspondentes às antigas artes e ofícios.

**Especialidades não tradicionais:** trata-se das especialidades decorrentes da aplicação de técnicas e materiais não tradicionais. São regidas, sempre que aplicável, pelo regime dos processos especiais. Estes processos são objecto de acompanhamento contínuo e controlo dos parâmetros seleccionados, para assegurar que os requisitos são cumpridos e são executados exclusivamente por operadores qualificados, submetidos a um procedimento de certificação.

#### 5.3.2 Meios tecnológicos

Trata-se dos equipamentos, ferramentas e instalações necessárias para pôr em prática, eficazmente, as diferentes especialidades oferecidas pela empresa.

### 5.4 Estruturação

As empresas executantes das intervenções envolvendo mais responsabilidade ou exigindo maior tecnicidade deverão dispor de um Sistema de Garantia da Qualidade (SGQ), nos moldes das normas NP EN ISO 9000, de acordo com o grupo de qualificações requerido, o que pressupõe suficiente desenvolvimento dos órgãos necessários para assegurar as diferentes funções dentro da empresa.

As empresas executantes das intervenções envolvendo responsabilidade ou exigindo tecnicidade intermédias deverão dispor estar enquadradas no âmbito do “Sistema de Reconhecimento da Qualidade de Empresas de Construção”, em que se encontra a trabalhar a Comissão Sectorial da Construção do Conselho Nacional da Qualidade (CS/10). Este sistema considera três níveis, a escolher por cada empresa e a implementar de forma gradual:

Nível 1: 4 requisitos

Nível 2: 8 requisitos

Nível 3: 12 requisitos.

A assistência pós-venda é um corolário da garantia da qualidade. O SGQ da empresa deverá conter programas de acompanhamento permanente dos trabalhos realizados.

As empresas deverão dispor dos sistemas de segurança necessários ao cumprimento das disposições regulamentares e das precauções adicionais apropriadas ao risco envolvido pelas técnicas e materiais especiais que aplica.

## 6. Qualificação das empresas em função das classes das intervenções

As intervenções de reabilitação não fazem todas igual apelo à capacidade técnica das empresas, sendo possível distinguir quatro níveis (Fig. 2).

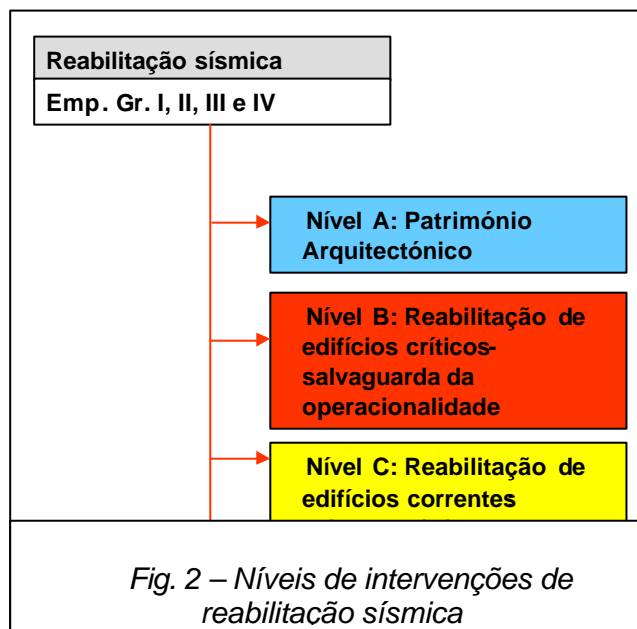
A qualificação das empresas (reconhecimento da sua aptidão para satisfazer requisitos especificados), deve ser adequada às classes das intervenções. O estabelecimento de uma correspondência entre a capacidade de desempenho das empresas e as obras que essas empresas se devem considerar aptas a executar deverá ter em conta:

os diferentes níveis de segurança sísmica, tendo em conta a localização geográfica, os objectivos de desempenho, o tipo de edifício, de ocupação e outros factores relevantes.

o risco envolvido por uma dada intervenção, avaliado em termos da integridade do próprio imóvel e da segurança de pessoas e bens.

a especificidade das técnicas a que é necessário recorrer<sup>3</sup>.

grau de eventual classificação do imóvel que constitui o objecto da intervenção: por ordem decrescente de importância, os monumentos nacionais, os imóveis de interesse público os valores concelhios, os edifícios em vias de classificação e os edifícios antigos



em geral.

## 7. Medidas correctivas

Para pôr em prática uma ou mais das estratégias apontadas em 3.2, por forma a eliminar as insuficiências das quatro tipologias do edificado, são necessárias medidas correctivas, que podem ser sistematizadas conforme se indica no Quadro V.

<sup>3</sup> A proposta de norma europeia prEN 13833 [9], aplicável às empresas de construção em geral, considera já três “níveis de tecnicidade”:

Nível A Obras envolvendo tecnologias avançadas (“high-tech”)

Nível B Obras exigindo um conhecimento profundo de técnicas de execução correntes

Nível C Obras usando técnicas correntes simples.



Quadro V - Medidas correctivas por tipologia

Tipologia Medidas Correctivas	Pombalinos	Gaioleiros	de placa	Betão Armado	Vantagens e inconvenientes
Melhoria das fundações	x	X			
Correcção de alterações anteriores (acrescentos, remoção de elementos estruturais)	X	X	X		
Melhoria da resistência à flexão dos nembos e empenas, no plano e fora do plano	X	X	X		Não intrusivo, se feito pelo exterior
Melhoria da resistência à compressão dos nembos e empenas		X			Idem
Reparação e/ou reforço da estrutura de travamento original	X				
Melhoria da ligação nembos/pavimentos	X	X			Económico
Melhoria da ligação nembos/frontal	X				Idem
Melhoria da ligação nembos/cobertura	x	x			
Melhoria do efeito de diafragma da cobertura	x	x			
Melhoria do travamento entre paredes opostas	X	X			Económico
Introdução de paredes resistentes ao corte			X	X	Muito intrusivo, se feito pelo interior
Introdução de estrutura adicional metálica	x	x	x	x	Intrusivo, se feito pelo interior
Introdução de estrutura adicional de betão armado	x	x	x	x	Muito intrusivo, se feito pelo interior. Pouco eficaz
Reforço dos elementos de b.a. existentes				x	Mais ou menos intrusivo, dependendo da técnica utilizada

Nota:

“X” Medida correctiva mais adequada; “x” medida correctiva possível

## 8. Técnicas disponíveis. Exemplos

As técnicas utilizáveis na reabilitação sísmica podem ser agrupadas do seguinte modo:

A) Técnicas correntes: utilizam a tecnologia tradicional da CC&OP, normalmente bastante intrusivas do ponto de vista da perturbação causada pela sua aplicação aos utentes e ao próprio edifício

B) Técnicas reduzidamente intrusivas: visam reduzir essa perturbação

B1) Utilizando materiais correntes: utilizam os materiais habituais da CC&OP: cimento, aço

B2) Utilizando materiais não-tradicionais: recorrem a novos materiais, como as resinas, compósitos, metais não tradicionais.

O anexo III contém uma lista das técnicas a que se pode recorrer para concretizar, na prática, as medidas correctivas constantes do Quadro V, com vista a reabilitação sísmica dos imóveis. Apresentam-se, em seguida, alguns exemplos, separados por edifícios de alvenaria e edifícios de betão armado.

### 8.1 Edifícios de alvenaria

As figuras constantes do anexo IV representam exemplos de aplicação de algumas dessas técnicas a edifícios pombalinos, gaioleiros e de placa.

### 8.2 Edifícios de betão armado

As figuras constantes do anexo V apresentam exemplos de aplicação de algumas das técnicas vocacionadas para edifícios de betão armado.

Nesta área não se levantam problemas técnicos, para além da maior ou menor intrusividade das soluções. As publicações da [UNIDO] e do [CEB] contém inúmeros exemplos.

## 9. Custos das intervenções

São conhecidas tentativas de estabelecimento de valores médios dos custos de reabilitação de edifícios, que se revelam, normalmente, pouco frutíferas. O mesmo acontece com os custos da reabilitação sísmica, que dependem, obviamente, de inúmeros factores. O valor final pode variar facilmente entre uma pequena percentagem e um valor igual ao valor de substituição do imóvel.

A profundidade das intervenções faz variara muito o resultado final da estimativa. Para estudar este efeito [Pontes, 1994], foi utilizado o projecto de um edifício de habitação social, sobre o qual foram simuladas quatro situações: construção do edifício novo e três hipóteses de reabilitação: ligeira, média e profunda.

As três hipóteses de intervenção destinadas a reparar os correspondentes cenários de deterioração tinham, no entanto, algumas tarefas comuns de actuação sobre a totalidade do edifício. Nos três cenários simulados foi proposta uma intervenção gradualmente mais profunda, que considerou no caso da reabilitação ligeira a hipótese de existência de deteriorações limitadas (por exemplo, substituição de apenas 10% do revestimento da cobertura, limpeza das cantarias com escova de aço, repintura sem substituição dos caixilhos existentes), e que atingiu, na reabilitação profunda, a substituição sistemática de praticamente tudo o que não fosse o “tosco” do edifício (para os mesmos exemplos, substituição integral do revestimento e da estrutura da cobertura, substituição de cantarias, substituição da totalidade dos caixilhos).

Os resultados obtidos na simulação dessas quatro hipóteses estão sintetizados no Quadro VI, onde se pode ver a percentagem que cada tipo de intervenção simulada representa em relação à construção do edifício novo equivalente, valorado este em 100, como padrão de referência.

Quadro I - Cenários de intervenção. Componentes dos custos (%)

Solução	% novo
Edifício novo	100.0
Reabilitação ligeira	21.4
Reabilitação média	54.7
Reabilitação profunda	101.6

Verifica-se, assim, que uma intervenção ao nível não estrutural pode atingir 100% do custo da construção nova. Dado que uma intervenção intrusiva pode obrigar a destruições extensas dos acabamentos e revestimentos, não é de excluir que o seu valor possa atingir ordens de grandeza idênticas. Parecem, assim, baixos os valores indicados por [Platt], para o custo da reabilitação sísmica que estima em percentagens da ordem de 10 a 30% do custo da construção nova.

No âmbito do NEHRP, foi realizado um estudo sistemático [FEMA]. Os preços em USD por sqft e contos por m<sup>2</sup>, para edifícios de área média (1000 a 5000 m<sup>2</sup>), critério “salvaguarda de vidas” (1993, estado do Missouri), constam do Quadro VII.

Quadro VII - Preços em USD por sqft e (contos por m<sup>2</sup>), para edifícios de área média (1000 a 5000 m<sup>2</sup>), critério “salvaguarda de vidas” (1993, estado do Missouri)

Sismicidade Grupo tipol.	Muito elevada	Elevada	Moderada	Reduzida
1 - Alv. não reforçada	18,04 (43)	13,61 (32)	10,7 (25)	9,33 (22)
4 - Betão armado (flexão)	25,04 (59)	18,89 (45)	14,86 (35)	12,95 (31)

Notas: 1 m<sup>2</sup> = 10,76 ft<sup>2</sup>; 1USD = 220\$ = 0,22 C

Entende-se, assim, não ser desajustado tomar os seguintes valores a título de ordem de grandeza:

25 c/m<sup>2</sup> para alvenaria (excepto os “gaioleiros”)

30 c/m<sup>2</sup> para betão armado.

Tomando o custo da construção a 100 c/m<sup>2</sup>, ter-se-ia, assim, para a reabilitação sísmica, percentagens de 30 a 40% do custo da construção nova. De notar que estes custos se referem apenas ao trabalho de reabilitação estrutural, não incluindo outros custos de construção, como:

a) relacionados com o sismo

Reabilitação não estrutural, demolição e reconstrução, reparação de danos.

b) não relacionados com o sismo

Melhoria das instalações, acessibilidade, remoção de materiais perigosos.

Também não se incluem custos não relacionados directamente com a construção, como a gestão da obra, os honorários de projecto, realojamento e os ensaios e licenças.

Nestas condições, é possível fazer uma estimativa da totalidade dos encargos com a reabilitação sísmica, partindo dos dados estatísticos [Sequeira] constantes do Quadro VIII.

Quadro VIII - Distribuição do Número de Edifícios e da Área Construída por Época de Construção na Cidade de Lisboa

Ano de Construção	Núm. Edifícios	%	Área de Construção	%
Antes de 1755	1742	3.0%	568241	1.0%
1755 – 1880	15711	27.0%	7368383	13.0%
1880 – 1940	14067	24.0%	8154327	14.0%
1940 – 1960	12328	21.0%	11566708	20.0%
Depois de 1960	13876	24.0%	29498556	52.0%
Total	57724	100.0%	57156 215	100.0%

Nota: Áreas de construção em m<sup>2</sup>

Esse cálculo consta do Quadro IX.

Quadro IX – Cálculo do custo da reabilitação sísmica

1	2	3	4	5	6	7
Ano de construção	Área de construção (m <sup>2</sup> )	Custo unitário da reabilit. (C/m <sup>2</sup> )	% da reabilit. para reforço sísmico	Custo unitário da reabilit. sísmica (C/m <sup>2</sup> )	Custo da reabilit. sísmica (C)	Peso relativo (%)
Antes de 1755	568241	80	30	24	13637784	0,81
1755-1880	7368383	80	30	24	176841192	10,57
1880-1940	8154327	80	50	40	326173080	19,49
1940-1960	11566708	40	80	32	370134656	22,12
Depois de 1960	24582130	40	80	32	786628160	47,01
Total					1673414872	100,00

Notas: Lisboa e Vale do Tejo + Algarve + Açores (3,4 x Lisboa) = 5,7 mil milhões de contos; Segundo a publicação [SEH], cerca 22% dos alojamentos precisam de intervenções de reabilitação mais ou menos profundas.

Tomando 22% da soma dos produtos das colunas 2 e 3 obtém-se uma verba de 600 milhões de contos, para reabilitação de alojamentos na cidade de Lisboa. Extrapolando para o resto do país, chega-se a uma verba da ordem dos 4,8 mil milhões de contos. Este montante compara-se bem com o valor estimado para o mercado potencial da reabilitação do património habitacional, da ordem dos 5 000 milhões de contos (estudo do Forrehabil, citado por [Sequeira]). A introdução da reabilitação sísmica nas regiões de Lisboa e Vale do Tejo, Algarve e Açores corresponderá, assim, “grosso modo”, a duplicar este montante.

Falar de verbas globais, só tem, no entanto significado estatístico: dado que este montante será diluído ao longo de 25 anos, o gasto adicional medido em termos orçamentais será da ordem dos 200 milhões de contos/ano, ou seja, menos de 1% do actual PIB<sup>4</sup>. Por outro lado, uma sábia política de incentivos permitirá que as verbas necessárias sejam mobilizadas pelos próprios donos dos imóveis, provendo o orçamento do Estado apenas aos subsídios que sejam de incluir no Programa para estimular estas acções.

<sup>4</sup> Em termos comparativos, estima-se que um sismo do tipo 1755 poderia custar ao país uma verba da ordem de 50% do PIB a dispendir, necessariamente, num curto intervalo de tempo.

## 10. Situação noutros países

Há vários países onde existem programas de reabilitação sísmica em curso, sendo o dos E.U.A. o mais avançado. Desde os fins da década de 70 está em curso neste país o National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP). Segundo este programa, as agências federais envolvidas devem referenciar, avaliar e corrigir os riscos sísmicos inaceitáveis, em todos os edifícios federais em zonas sísmicas dos E. U.. A metodologia a seguir e os padrões mínimos a adoptar encontram-se descritos num conjunto de manuais de fácil utilização. A eliminação ou redução do risco pode envolver soluções como demolição, redução da ocupação, alienação ou reabilitação do edifício [Todd].

A cidade de Los Angeles possui, desde 1981, um código municipal “Earthquake Hazard Reduction in Existing Buildings”, visando promover a segurança pública e o bem estar, através da redução do risco em edifícios de alvenaria não reforçada, construídos antes de 1934. A experiência daquela cidade tem demonstrado que aquele tipo de edifícios é propenso a colapso parcial ou total durante sismos moderados a fortes [Shepherd].

## 11. Considerações finais

Três anos e meio depois da comunicação do autor ao Encontro comemorativo dos 50 anos do LNEC, onde foram apresentadas as grandes linhas do Programa, a situação permanece inalterada, apesar de cinco das sete tarefas que o constituem serem fáceis de realizar e poderem ter já sido iniciadas ou, simplesmente, continuadas (caso do levantamento do edificado, que foi interrompido). Com a presente comunicação crê-se ter ficado demonstrada, numa primeira abordagem, a viabilidade técnica de tal reabilitação, isto é, que existe no país, concretamente do tecido empresarial, a *capacidade técnica* necessária e suficiente para levar a cabo um tal projecto.

### 11.1 Medidas a iniciar imediatamente

Para além das cinco tarefas que podem ser desde já iniciadas, torna-se evidente que há algumas situações que têm de ser imediatamente corrigidas, quer se inicie ou não o Programa, para, pelo menos, as obras novas possuírem condições mínimas de segurança sísmica.

#### 11.1.1 Verificação dos projectos

Face ao referido em 4.1 quanto ao baixo nível de qualidade dos projectos, a prática actualmente seguida pelas câmaras de não os verificarem limitando-se a juntar ao processo uma declaração do técnico afirmando que foram cumpridos os regulamentos pode vir a revelar-se irresponsável se ocorrer, entretanto, um grande sismo. A exemplo do que acontece noutros países, esta verificação poderia ser adjudicada a empresas do Grupo I, adequadamente qualificadas, em articulação com as seguradoras.

#### 11.1.2 Exigência quanto à direcção técnica e fiscalização das obras

Sabendo o que se sabe sobre o amadorismo e o baixo nível técnico da maior parte das empresas que se dedicam à construção de edifícios para venda, a prática actualmente seguida pelas câmaras de não exigirem uma efectiva direcção técnica das obras limitando-se, novamente, a juntar ao processo uma declaração do técnico responsável, aliada à prática instituída dos engenheiros “darem o nome para o alvará” pode vir, igualmente, a revelar-se desastrosa se ocorrer, entretanto, um grande sismo. O mesmo se pode dizer do baixo grau de exigência das fiscalizações camarária, que não passa, muitas vezes, de um simples proforma, para não falar da venalidade instituída. Tal como no caso da verificação dos projectos, esta responsabilidade poderia ser transferida para empresas do Grupo I, adequadamente qualificadas, em articulação com as seguradoras.

### 11.1.3 Obrigatoriedade da reabilitação sísmica em todos os edifícios reabilitados em zonas sísmicas

Até agora, as intervenções de reabilitação do edificado urbano (RECRIP - Aplicação geral, apoio aos condóminos, RECRIA - Aplicação geral, REHABITA - Aplicação exclusiva aos bairros históricos), têm privilegiado as fachadas ou, quando muito, as condições de habitabilidade, mas têm descurado completamente a resistência estrutural. A reabilitação arquitectónica e funcional de edifícios em zonas sísmicas como Lisboa devia ser aproveitada para fazer a sua adequação sísmica.

### 11.2 Vantagens adicionais do Programa

O lançamento do Programa teria várias vantagens adicionais, destacando-se:

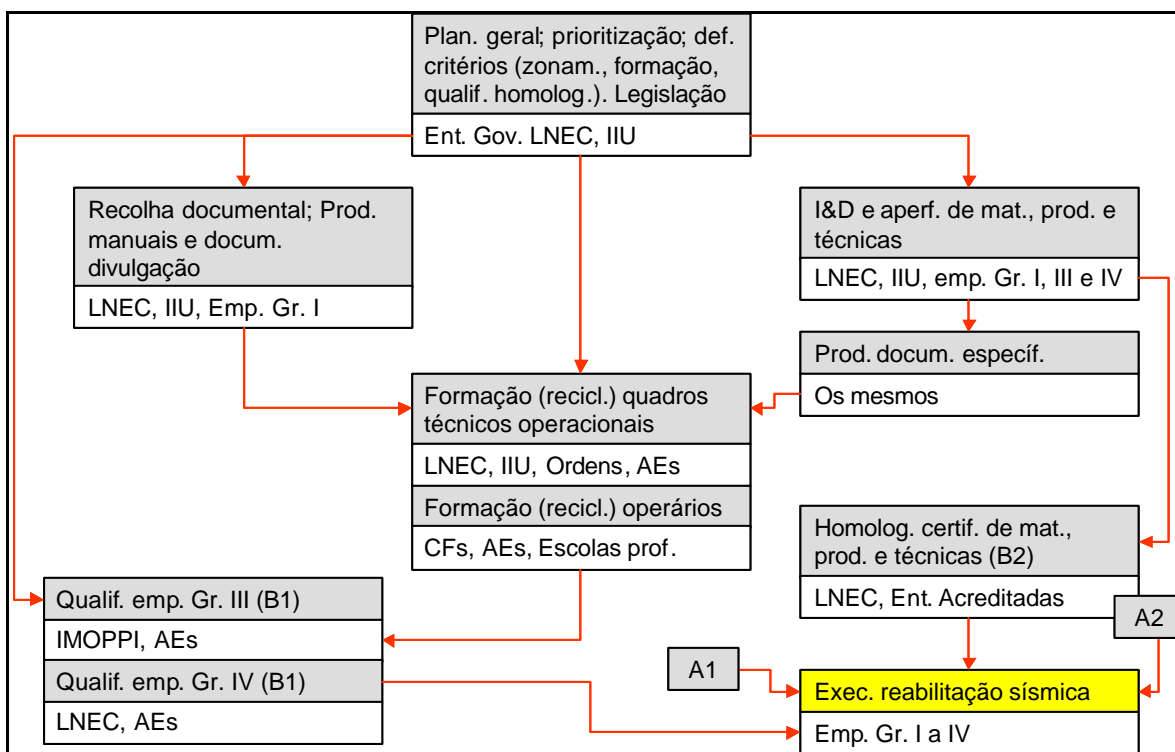
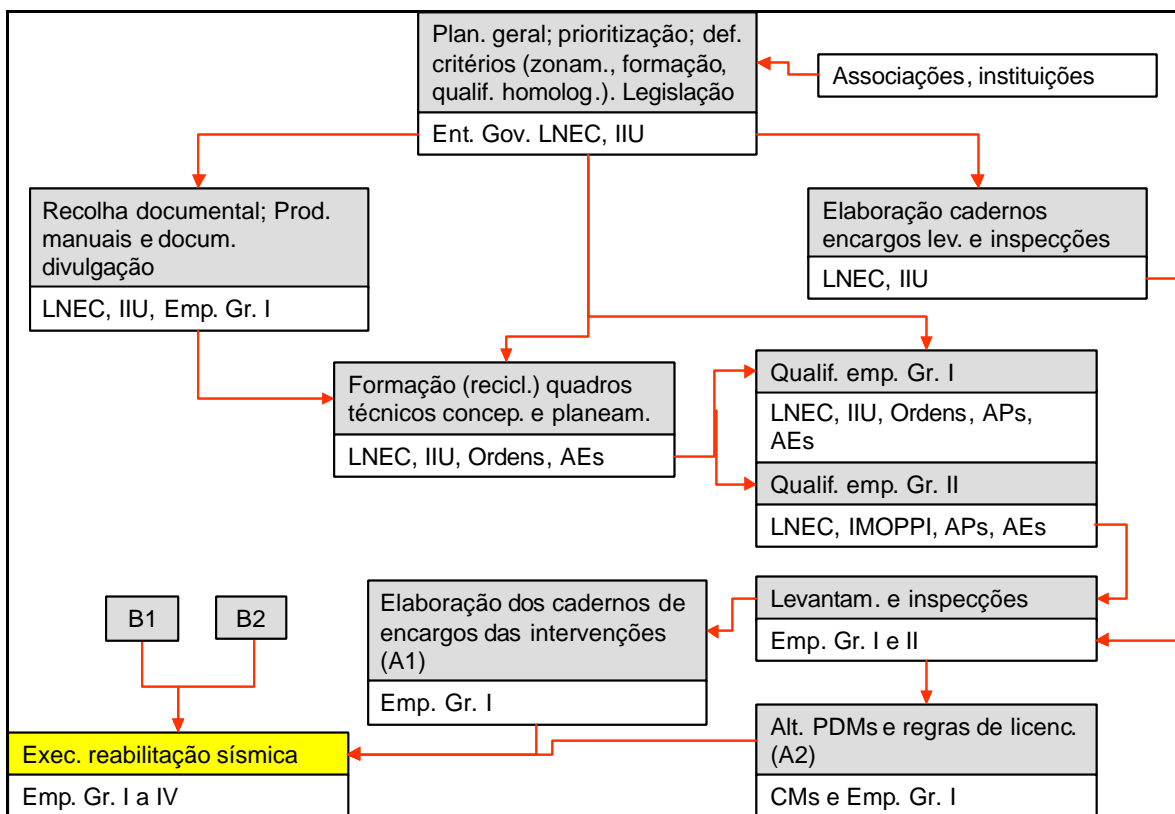
- a) Dotar o país de capacidade técnica e experiência nesta área, a qual poderia ser disponibilizada, dentro da UE, a todos os países do Sul, que têm problemas iguais ao de Portugal, e fora da UE, a todos os países em regiões sísmicas do planeta onde exista edificado sem a necessária resistência aos sismos.
- b) Ajudar a deslocar a ênfase do sector da construção para a reabilitação, com todas as vantagens conhecidas: redução da construção nova, actividade de excessivo impacto sobre o ambiente natural e o ambiente construído, melhoria do emprego, quer do ponto de vista da quantidade (a reabilitação exige mais mão-de-obra), quer do ponto de vista da qualidade (a reabilitação exige operários com maior nível de qualificação), etc.

### Referências

- |   |   |
|---|---|
| Building Seismic Safety Council   | <i>NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings.</i> FEMA 178, Washington D.C., 1992   |
| CEB - Comité Euro-International du Béton  | <i>Fastenings for Seismic retrofitting</i> – CEB Publication no. 226, Stuttgart, 1995   |
| Comerio, M.C.   | <i>Dilemmas in developing a cost/benefit model for evaluating seismic retrofit.</i> Pacific Conference on Earthquake Engineering, New Zeland, 1991  |
| Costa, J.M.   | <i>Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação.</i> Tese de Doutoramento, FEUP, 1995   |
| FEMA  | <i>NEHRP – Typical costs for seismic rehabilitation of existing buildings.</i> USA, 1994  |
| Lourenço, P.B., Gomes, A., Vinagre, J., Oliveira, D.V., Marques, E.M., Oliveira, R. | <i>Sobre o cálculo automático no projecto de estruturas de betão armado,</i> Ingenium, 34, 1999   |
| Platt, C.M. , Shepherd, R.  | <i>Some cost considerations of the seismic strengthening of pre-code buildings.</i> Earthquake Spectra, Vol. 1-No. 4, 1985  |
| Pontes, J.P. e Manso, A.C.  | <i>Estruturas de custos de reabilitação de edifícios antigos em Lisboa.</i> 2.º ENCORE, Lisboa, LNEC, 1994  |
| Ribas, D., Figueiras, J.A.  | <i>A qualidade do projecto de estruturas de betão em edifícios,</i> Ingenium, 43, 1999  |
| SHE<br>Sequeira, A.M.   | <i>O sector da habitação no ano 2000 – SEH,</i> Lisboa 2000<br><i>Caracterização e avaliação do mercado da manutenção e da conservação do património arquitectónico</i> – Lisboa, Gecorpa, 1999 |
| Shepherd, Robin, et al.   | <i>Expert System and Assessment of Heathquake Hazard Reduction.</i> Proc. IABSE Coll. Beijing, 1993   |
| Silva, V.C.   | <i>A Reabilitação Sísmica dos Edifícios Antigos de Lisboa - A</i>   |

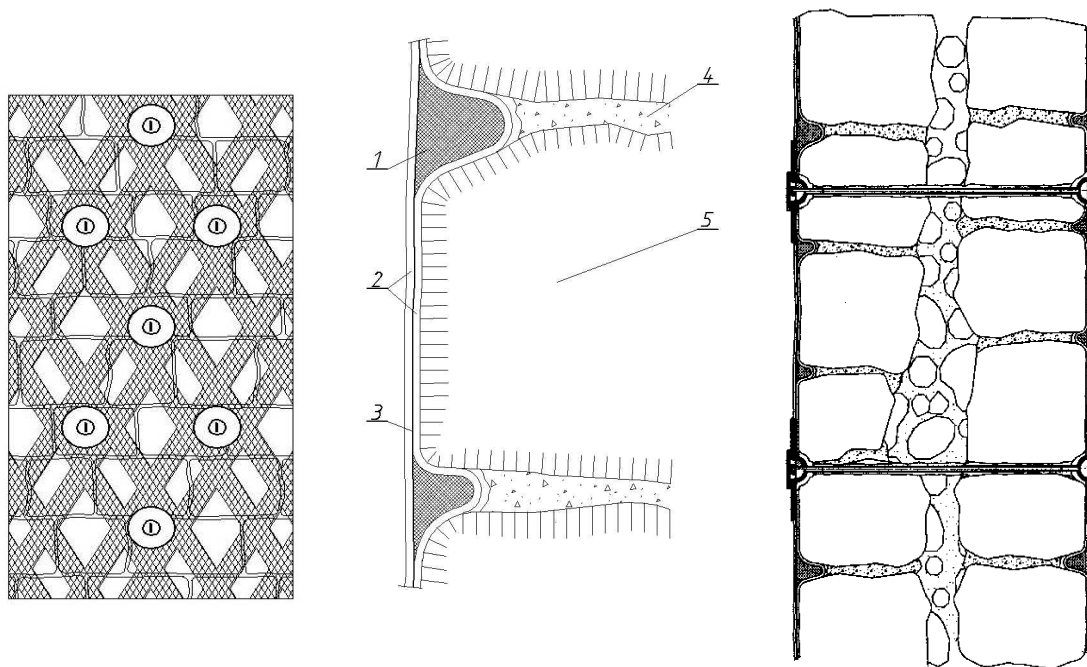
- Silva, V.C. Construção e o LNEC - Encontro integrado nas comemorações dos 50 anos do LNEC, 1997 (não publicado)  
*Salvag. da Baixa Pombalina através de métodos reduz. Intrusivos de reabilitação sísmica – Projecto Comrehab - Sísmica 99 - 4.º Encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica - 2ème Rencontre en Génie Parasismique des Pays Méditerranéens, Faro, 1999*
- Silva, V.C. e Soares, I. *Utilização do betão armado no reforço sísmico de edifícios de alvenaria. Caso dos edifícios “de placa” - “Betão Estrutural”, LNEC, 1996*
- Silva, V.C. e Soares, I. *Vulnerabilidade sísmica dos edifícios “gaioleiros” de Lisboa e medidas possíveis para a reduzir - 3º. Encontro sobre Sismologia e Engenharia Sísmica. SPES – Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica. Lisboa, 1997*
- Todd, D. *Joint Interagency Seismic Evaluation and Rehabilitation Standards for Existing Federal Buildings. ASTM – Standards for Preservation and Rehabilitation, 1996*
- UNIDO - United Nations Industrial Development Organization  
Oliveira, C.S. et al. *Building Construction under Seismic Conditions in the Balkan Region – Vol. 5 Repair and strengthening of reinforced concrete, stone and masonry buildings, Vienna, 1983*  
*Análise do parque habitacional de Lisboa. Levantamento do anel de Campolide-Beato. Apresentação de resultados. LNEC, 1986*
- Oliveira, C.S. *Levantamento do parque habitacional de Lisboa. Ficha-Inquérito. Apuramento de resultados referentes à zona dos Anjos. LNEC 1987*
- LNEC *Análise do parque habitacional de Lisboa. Levantamento da zona ribeirinha (sector ocidental). LNEC, 1990*
- Oliveira, C.S. *Caracterização estrutural do parque habitacional de Lisboa. Ordem dos Engenheiros*

Anexo I – Diagramas de fluxo

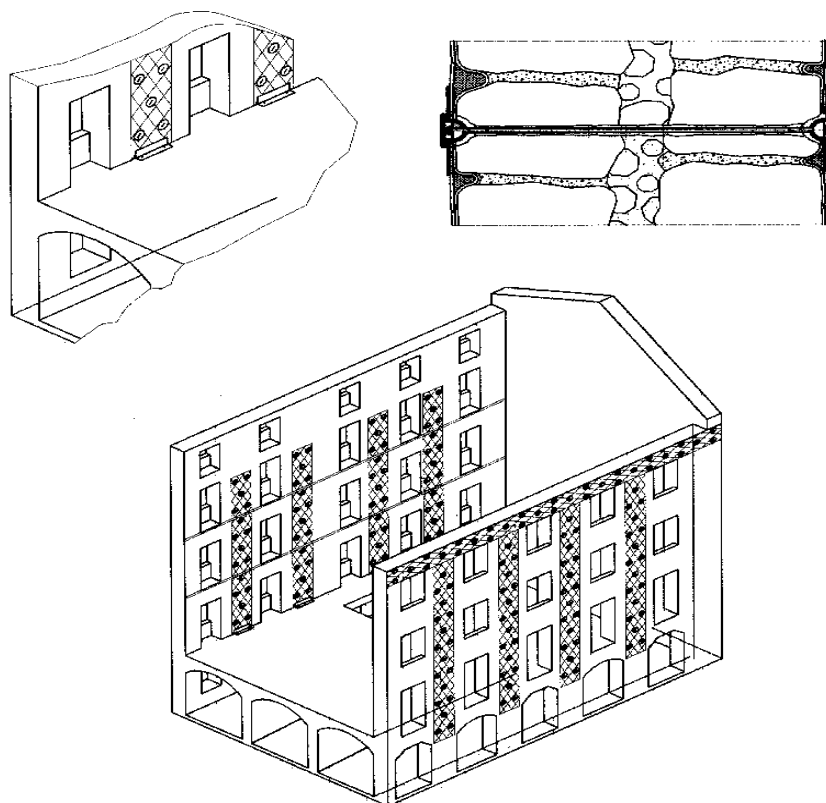




### Anexo II – Projecto COMREHAB

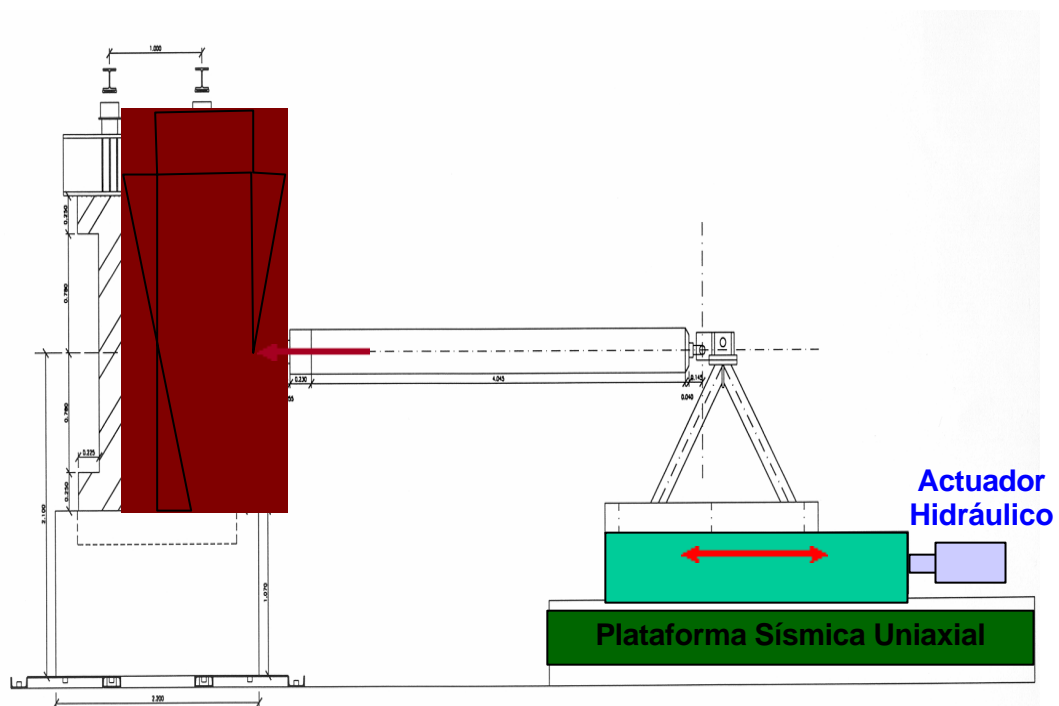


Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação.  
Exemplo: Projecto "COMREHAB"



## ENSAIOS ESTATICOS

1ª FASE dos ENSAIOS STAP (Projecto COMREHAB)  
Ensaio de Nembos em alvenaria sujeitos a Forças no Plano



## Anexo III – Lista de técnicas de intervenção

### Processo

#### Designação da técnica

#### Descrição resumida

#### Principais aplicações

#### Equipamento

### Consolidação e Reforço de Alvenarias Antigas

#### Alterações em alvenarias antigas sem descompressão

Após escoramento da estrutura existente, executam-se ou instalam-se novos elementos estruturais (por exemplo, vigas). Esses novos elementos são progressivamente postos em carga, permitindo a remoção do material subjacente, por exemplo, para a abertura de um vão.

Abertura de vãos em alvenarias resistentes

Equipamento hidráulico para aplicação de grandes cargas.  
Equipamento de controlo

#### Betão de agregados pré-colocados em alvenaria

Execução de betão armado, geralmente em contacto com elementos já existentes, mediante a montagem dum molde estanque, colocação dos agregados e posterior colocação da argamassa

Reforço de elementos estruturais de alvenaria por aumento da secção em situações que exijam um perfeito monolitismo e em que o uso do b.a. a seja aceitável

Equipamento de confecção de argamassa; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico a pressão moderada

#### Execução de betão projectado em construções antigas.

Após regularização e preparação da superfície a revestir aplica-se uma ou mais camadas de betão projectado, normalmente armadas com uma rede de metal distendido, galvanizada (espessura aprox. 5 cm).

Reforço de elementos estruturais de alvenaria por aumento da secção.

Equipamento de projecção; equipamento de dosagem ponderal; mangueiras, válvulas, etc.

#### Colocação de conectores de confinamento da alvenaria, apertados mecanicamente

São feitos furos de pequeno diâmetro criteriosamente localizados, nos quais são colocados e apertados conectores, dispondo de placas de distribuição, que podem ficar ou não dissimuladas na espessura do elemento

Melhoria da resistência à compressão da alvenaria, através do seu confinamento e de uma melhor ligação entre os dois paramentos

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra

#### Colocação de conectores de confinamento da alvenaria, dotados de manga injectada

São feitos furos de pequeno diâmetro criteriosamente localizados, nos quais são colocados conectores. A aderência à alvenaria é conseguida através de mangas deformáveis

Melhoria da resistência à compressão da alvenaria, através do seu confinamento e de uma melhor ligação entre os dois paramentos

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra

#### Execução de contrafortes de alvenaria

São executados contrafortes de alvenaria em posições seleccionadas

Melhoria da estabilidade sob acções horizontais. Consolidação de arcos e abóbadas

#### Desmonte de pavimentos de madeira e substituição por lajes de betão armado.

Os pisos de madeira são desmontados, construindo-se em seu lugar pisos de betão armado por processo correntes.

Reabilitação de construções antigas

#### Injecção de caldas baseadas em ligantes inorgânicos em alvenarias.

Introdução na alvenaria, por injeção a pressões controladas, duma calda baseada de ligante inorgânico

Melhoria das propriedades mecânicas da alvenaria através do aumento da sua coesão e densidade.

Misturador coloidal; agitador; bomba de injeção de pistons; dispositivos de controlo de pressões e caudais; obturadores; manómetros;

#### Melhoria da resistência ao corte entre blocos através da inserção de ferrolhos

Execução de pequenos furos na direcção perpendicular ou no próprio plano das juntas, selagem de pequenos troços de varão de aço inox, de compósito ou de outro material apropriado.

Melhoria da ligação entre blocos de pedra ou entre sucessivas juntas da alvenaria seca

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra

## Processo

### Designação da técnica

#### Descrição resumida

#### Principais aplicações

#### Equipamento

### Execução de uma nova estrutura de betão armado sem abertura de rasgos.

É executada uma nova estrutura de betão armado, por processos correntes, pelo interior do edifício de alvenaria existente. São necessárias disposições construtivas que garantam o funcionamento conjunto das duas estruturas: a antiga e a nova.

Reforço e consolidação de construções antigas.

### Execução de uma nova estrutura de betão armado em rasgos abertos na alvenaria.

É executada uma nova estrutura de betão armado, por processos correntes, pelo interior do edifício de alvenaria existente, abrindo-se, para tal, rasgos nas paredes e outros elementos estruturais de alvenaria. São necessárias disposições construtivas que garantam a boa ligação entre as duas estruturas: a antiga e a nova.

Reforço e consolidação de construções antigas.

### Pregagens aderentes em alvenaria.

Após execução de furos paralelos aos paramentos das paredes de alvenaria são neles colocados varões de aço protegidos contra a corrosão ou de material compósito, fazendo-se posteriormente a sua selagem com uma calda apropriada. Os varões de compósito podem ser substituídos por cabos flexíveis a que pode ser dada uma forma mais adequada

Reparação e reforço de alvenarias

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico; obturadores simples; equipamento de controlo de pressões e caudais

### Execução de reboco armado.

Saneamento e limpeza da alvenaria, reboco com argamassas de formulação adequada incorporando uma armadura metálica ou polimérica (espessura aprox. 2-3 cm).

Reparação e reforço de alvenarias

Equipamento de confecção de argamassa. Equipamento de injeção a pressão moderada

### Reforço de elementos estruturais de alvenaria com materiais compósitos

O reforço é conseguido aplicando à parede faixas de material compósito de reforço superficial, destinadas a resistir a esforços de tracção e compressão. Estes elementos são, normalmente, utilizados em conjunto com conectores de confinamento

Reabilitação sísmica de estruturas existentes, em particular, construções antigas e o património arquitectónico. Neste último caso, tem especial relevância a possível reversibilidade das aplicações

Equipamento para preparação de superfícies

### Reforço da alvenaria por encamisamento e adição de betão.

Execução de betão armado, por processo tradicional, em contacto com elementos de alvenaria existentes.

Reforço de elementos estruturais de alvenaria por aumento da secção, por exemplo, paredes. Consolidação de arcos e abóbadas

Equipamento de fabrico e colocação de betão

### Reforço de estruturas de alvenaria com pré-esforço exterior

Após colocação, segundo o projecto, dos cabos de aço de alta resistência, faz-se o seu esticamento, por forma a introduzir na estrutura um novo sistema de forças

Supressão de paredes de alvenaria, mantendo-as a um nível superior

Equipamento hidráulico para aplicação de pré-esforço. Equipamento de controlo

### Execução de tirantes activos (pós-esforçados)

Execução de tirantes constituídos por cabos ou varões de aço ou de material compósito, colocados em furos na estrutura ou exteriormente, e post-tensionados.

Reforço e consolidação de construções antigas. Consolidação de arcos e abóbadas;

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra; equipamento hidráulico para aplicação de pré-esforço; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico; obturadores simples; equipamento de controlo de pressões e caudais

## Processo

### Designação da técnica

#### Descrição resumida

#### Principais aplicações

#### Equipamento

### Execução de tirantes passivos aderentes

Após execução de roços ou furos paralelos aos paramentos das paredes de alvenaria são neles colocados varões de aço protegidos ou de material compósito, ancorados nas extremidades. Faz-se, posteriormente, a sua selagem com uma calda cimentícia.

Reforço e consolidação de construções antigas. Consolidação de arcos e abóbadas.

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra; equipamento de aperto com controlo de torque; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico; obturadores simples; equipamento de controlo de pressões e caudais

### Execução de tirantes passivos não aderentes.

São constituídos por varões de aço protegidos ou de material compósito, ancorados nas extremidades

Reforço e consolidação de construções antigas.

Equipamento de furação a seco, sem percussão, para alvenarias de pedra. Equipamento de aperto com controlo de torque

## Melhoria do Comportamento Global da Construção

### Execução de juntas estruturais em construções antigas

A fim de permitir algum movimento estrutural podem ser executadas juntas em locais seleccionados de elementos estruturais (por exemplo, paredes de alvenaria), permitindo ao edifício ajustar-se a deformações impostas.

Assentamentos diferenciais da fundação. Melhoria do comportamento sísmico.

Equipamento de corte diamantado

### Instalação de dispositivos de amortecimento sísmico

São introduzidos na estrutura dispositivos destinados a melhorar a sua capacidade de dissipar a energia sísmica

Redução dos esforços sísmicos na superestrutura de edifícios, melhorando o seu comportamento sísmico

### Instalação de dispositivos de isolamento sísmico

São introduzidas diversas modificações na estrutura por forma a permitir a instalação de isoladores sísmicos entre a infraestrutura e a superestrutura

Redução dos esforços sísmicos na superestrutura de edifícios, melhorando o seu comportamento sísmico

Equipamento hidráulico para aplicação de grandes cargas

## Reconstituição e Reforço de Elementos Estruturais de Madeira

### Desmonte e reconstrução de parede de frontal

Desmonte manual total ou parcial do frontal, após remoção dos revestimentos e reconstituição dos elementos deteriorados.

Reparação de frontal deteriorado.

### Reforço de elementos estruturais de madeira com materiais compósitos.

O reforço dos elementos de madeira é feito por adição de laminados ou tecidos de material compósito.

Reforço de elementos estruturais de madeira.

Equipamento para mistura de resinas poliméricas

### Reparação de elementos de madeira por substituição

A reparação de elementos estruturais de madeira apresentando zonas apodrecidas ou enfraquecidas é feita por substituição dessas zonas, aproveitando a maior parte da madeira e introduzindo elementos metálicos.

Reparação tradicional de elementos estruturais de madeira.

### Reforço localizado de elementos estruturais de madeira com peças metálicas.

O reforço dos elementos de madeira é feito por fixação de peças metálicas, em particular nas uniões

Reforço de elementos estruturais de madeira.

### Reconstituição de elementos estruturais de madeira

Escoramento, remoção das zonas da madeira deteriorada. Execução de furos e entalhes na parte sã do elemento, onde são selados varões de material compósito, utilizando argamassa de resina de epóxido. A parte removida do elemento é reconstituída com argamassa epóxica.

Reparação e reforço de elementos estruturais de madeira, geralmente em construções antigas, sem perda das peças originais.

Equipamento de furação da madeira e de remoção de zonas deterioradas. Material de escoramento

## Processo

### Designação da técnica

#### Descrição resumida

#### Principais aplicações

#### Equipamento

### Reforço de pisos de madeira com vigas metálicas.

São colocadas vigas metálicas sob o piso de madeira existente, em geral sob as vigas principais. As vigas metálicas devem ser pré-flectidas através da aplicação de cargas, sendo, depois calçadas, por forma a serem, desde logo,

Reforço e consolidação de pavimentos de madeira de construções antigas.

### Reforço de pisos e estruturas de madeira, utilizando o mesmo material.

Os pisos ou coberturas existentes, de madeira, são reforçados utilizando o mesmo material.

Aumento de capacidade de suporte dos pisos e melhoria do contraventamento das construções de alvenaria

### Aplicação de produtos de elevada tecnologia

#### União de varões através de mangas prensadas.

Mangas de uma liga de aço apropriada são prensadas nas extremidades dos varões a emendar, ligando-os topo a topo.

Melhoria do comportamento das estruturas de betão armado, em particular a esforços alternados. Facilidade de montagem das armaduras.

Bomba hidráulica de alta pressão. Prensas hidráulicas e cunhos especialmente concebidos

## Modificação e Demolição de Estruturas de Betão

### Furação, corte, modificação e demolição

Utilizando equipamento apropriado, o betão e, acessoriamente, a alvenaria, são furados e cortados

Alterações em estruturas. Criação de juntas. Demolição em condições particularmente exigentes.

Equipamento eléctrico de furação. Equipamento electrohidráulico de furação e corte. Coroas e serras diamantadas

## Reparação e Reforço do Betão

### Betão de agregados pré-colocados em betão armado

Execução de betão armado, geralmente em contacto com elementos já existentes, mediante a montagem de um molde estanque, colocação dos agregados e posterior colocação da argamassa.

Reforço de elementos estruturais de betão armado por aumento da secção em situações que exijam um perfeito monolitismo.

Equipamento de confecção de argamassa; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico, a pressão moderada

### Betão de fibras pré-colocadas, com injeção da calda de cimento

Execução de um betão de fibras de elevado desempenho geralmente em contacto com elementos já existentes, mediante a prévia colocação das fibras, em geral, de aço, sob a forma de uma manta, e posterior colocação da calda de cimento, por injeção (de preferência) ou por gravidade

Reforço de elementos estruturais de betão armado por aumento da secção, sobretudo se se pretender aumento da ductilidade e da resistência ao impacto e da capacidade de dissipação de energia

Equipamento de confecção da calda. Equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico a pressão moderada

### Execução de betão projectado em estruturas de betão armado.

Saneamento, regularização e preparação da superfície do elemento a reparar ou reforçar. Limpeza das armaduras. Projecção de uma mistura de agregado com granulometria estudada, cimento e adjuvantes, através de um sistema pneumático de elevado rendimento, por via seca ou húmida. Na via seca a água é adicionada apenas na extremidade da mangueira de projecção, permitindo a grande velocidade de projecção uma excelente compacidade

Reparação e reforço de estruturas de betão armado.

Equipamento de projecção; equipamento de dosagem ponderal; mangueiras, válvulas, etc.

### Injecções de resina de epóxido.

Uma resina de epóxido de baixa viscosidade, elevada adesão ao betão e polimerização rápida é injectada em fendas ou fissuras.

Restabelecimento do monolitismo estrutural. Eliminação de infiltrações. Reparação e reforço de estruturas de betão

Equipamento eléctrico de doseamento, mistura e injeção

## Processo

### Designação da técnica

#### Descrição resumida

#### Principais aplicações

#### Equipamento

### Reforço de elementos estruturais de betão armado com materiais compósitos.

Preparação das superfícies dos elementos estruturais, reforço com laminados de compósito ou mantas de têxteis de fibras de elevada resistência, envolvidas em resina de epóxico funcionando como armaduras exteriores.

Reforço de estruturas de betão armado.

Equipamento para preparação de superfícies

### Reforço com chapas e perfis de aço.

Preparação das superfícies dos elementos estruturais e reforço com chapas de aço funcionando como armaduras exteriores, fixadas ao betão por buchas de aço de alta resistência e resina de epóxico colocada por injeção.

Reforço de estruturas de betão armado.

Equipamento para furação do betão. Equipamento de injeção de resina de epóxico

### Reforço de b. a. por encamisamento e adição de betão.

Execução de betão armado, por processo tradicional, em contacto com elementos já existentes

Reforço de elementos estruturais de betão armado por aumento da secção.

Equipamento de fabrico e colocação de betão.

### Reforço de estruturas de betão com pré-esforço exterior.

Após colocação, segundo o projecto, dos cabos de aço de alta resistência, faz-se o seu esticamento, por forma a introduzir na estrutura um novo sistema de forças.

Reforço de pontes e viadutos e de outros tipos de estruturas.

Equipamento hidráulico para aplicação de pré-esforço. Equipamento de controlo

## Reforço e Consolidação de Fundações e Estabilização de Taludes

### Execução de ancoragens mecânicas

Execução de ancoragens do tipo "Manta Ray" constituídas por um varão de aço, cravado no solo por percussão e fixado através de uma patilha móvel de aço.

Transmissão ao terreno de forças de tracção. Estabilização de obras de suporte de terras.

Equipamento de cravação por percussão; equipamento de tensionamento.

### Recalçamento de fundações com transferência de cargas

Após escoramento da estrutura existente, executam-se os novos elementos de fundação e os eventuais reforços. Esses novos elementos são progressivamente postos em carga, aliviando-se os elementos de fundação originais, utilizado dispositivos especialmente concebidos.

Consolidação ou alteração de fundações, minimizando as deformações da superestrutura.

Dispositivos de transferência de carga (bombas hidráulicas, macacos planos ou de outros tipos, instrumentos de controlo de pressões e deslocamentos)

### Execução de estacas e ancoragens helicoidais

Estacas helicoidais de aço, protegidas contra a corrosão, são introduzidas no terreno, por troços até à profundidade desejada, por forma a transmitir uma força de tracção ou de compressão

Reforço de fundações e obra enterradas; reforço e estabilização de obras de suporte; estabilização de taludes

Motor hidráulico de torque; equipamento hidráulico de aplicação de carga; equipamento de controlo de torque; manómetros

### Execução de micro-estacas e estacas-raiz.

Execução de estacas de pequeno diâmetro, com armadura metálica, com ou sem bolbo de selagem, funcionando isoladamente ou em grupo.

Reforço de fundações e obras de suporte de terras; estabilização de encostas e taludes.

Equipamento de furação à rotação; equipamento de injeção de caldas e argamassas de ligante inorgânico; obturadores simples e duplos; equipamento de controlo de pressões e caudais

## Anexo IV – Exemplos de soluções de reabilitação sísmica para edifícios de alvenaria

### 1. Insuficiências dos edifícios antigos de alvenaria

Face aos números constantes do quadro I, salta imediatamente à vista a importância dos edifícios de alvenaria, que representam ainda, a maioria, dos edifícios de Lisboa. Estes edifícios repartem-se por três tipologias principais:

**edifícios pombalinos:** geometria regular paredes principais de alvenaria de pedra de razoável qualidade, paredes interiores em frontal pombalino ou “gaiola”, pisos de madeira, excepto o primeiro, que é, nos edifícios de melhor qualidade, constituído por abóbadas de tijoleira; dispositivos de ligação conferindo um razoável contraventamento

**“gaioleiros”:** paredes de alvenaria de pedra de razoável ou má qualidade, pisos de madeira, contraventamento deficiente

**edifícios “de placa”:** paredes de alvenaria de pedra de razoável qualidade, paredes interiores e alvenaria de tijolo, lajes de betão armado.

Os edifícios anteriores a 1755 são, hoje, em número relativamente reduzido. Apresentam geometria muito irregular, paredes de alvenaria de pedra, em geral de má qualidade, e pisos de madeira.

Todos estes edifícios suscitam sérias dúvidas quanto seu comportamento no caso dum sismo intenso. O quadro I.1 aponta as principais razões.

As figuras a seguir mostram exemplos das três tipologias.

*Quadro I.1 - Principais pontos fracos dos vários tipos de edifícios de alvenaria*

Tipologia	Pontos fracos
Edifícios pombalinos	Degradação das propriedades dos elementos estruturais de madeira Acrescento de pisos Alterações, em particular ao nível das lojas, deficientemente calculadas e/ou executadas, com debilitação de paredes e fundações Introdução pouco criteriosa de elementos metálicos e de betão armado
“Gaioleiros”	Construção, em geral muito, precária, com abandono da estrutura anti-sísmica “em gaiola” Contraventamento insuficiente Paredes com espessura reduzida, pouco resistentes e em número insuficiente Altura e pés-direitos elevados Empenas muito grandes Fundações geralmente deficientes Presença de elementos decorativos pesados Alterações na estrutura
Edifícios “de placa”	Estrutura muito pesada Pouca resistência a forças horizontais Acrescento de pisos Alterações estruturais feitas clandestinamente ou deficientemente calculadas e/ou executadas, com debilitação de paredes e fundações



## 2. Medidas correctivas possíveis

### 2.1 Edifícios pombalinos

Nestes edifícios, há que distinguir entre os que são arquitectonicamente relevantes dos que não o são. Nos primeiros, as medidas correctivas terão necessariamente de ser menos intrusivas do que nos segundos, por forma a preservar, qquanto possível, a sua autenticidade e o seu carácter histórico. É o caso da Baixa Pombalina, onde as soluções envolvendo alterações estruturais profundas são de excluir.

São possíveis soluções como:

Reparação e/ou reforço da estrutura anti-sísmica original, em particular, de madeira

Correcção de alterações anteriormente efectuadas

Redução da massa através da eliminação dos andares acrescentados

Melhoria da ligação através de elementos de travamento anti-sísmico colocados por baixo dos pisos no alinhamento dos nembos, envolvendo ou não o saguão, dotados de capacidade de dissipação de energia

Melhoria da resistência global através duma “caixa” de betão armado executada pelo exterior das paredes do saguão.

### 2.2 Edifícios “Gaioleiros”

A questão da relevância arquitectónica não se coloca, na generalidade destes edifícios. Continua, no entanto, a justificar-se a adopção de soluções reduzidamente intrusivas, que permitam que a reabilitação se faça com a mínima perturbação dos utentes.

Substituição de componentes deteriorados, em particular, nos pavimentos de madeira

Melhoria da ligação através de elementos de travamento anti-sísmico colocados por baixo dos pisos no alinhamento dos nembos, dotados de capacidade de dissipação de energia

Reforço através da introdução duma estrutura metálica no saguão

Melhoria da rigidez através de “cantoneiras” nos cantos das paredes mestras, com lâmina de betão armado projectado ou aplicado por injeção

Aumento da resistência das paredes mestras nos nembos, com lâmina de betão armado projectado ou aplicado por injeção.

### 2.3 Edifícios “de placa”

Podem ser postas em prática, nestes edifícios, as seguintes medidas:

Reforço das paredes de alvenaria com, elementos metálicos ou lâminas de betão armado, projectado ou moldado por injeção

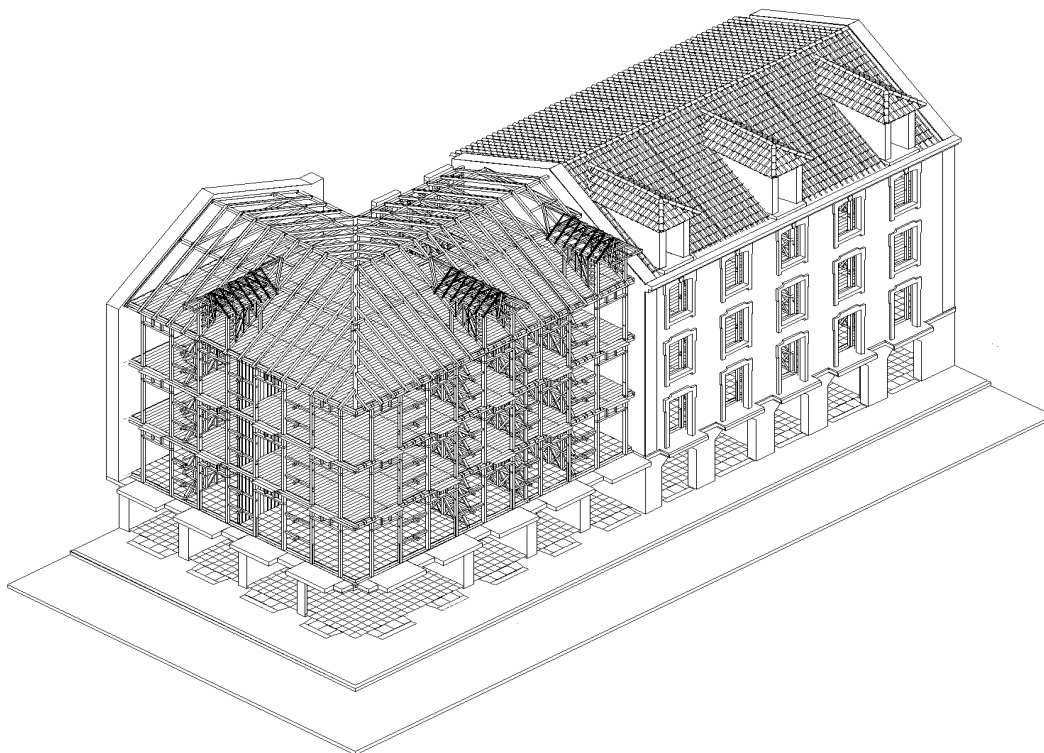
Introdução duma estrutura vertical complementar de betão (paredes de corte), suportada por micro-estacas

Redução da massa através da eliminação de andares acrescentados

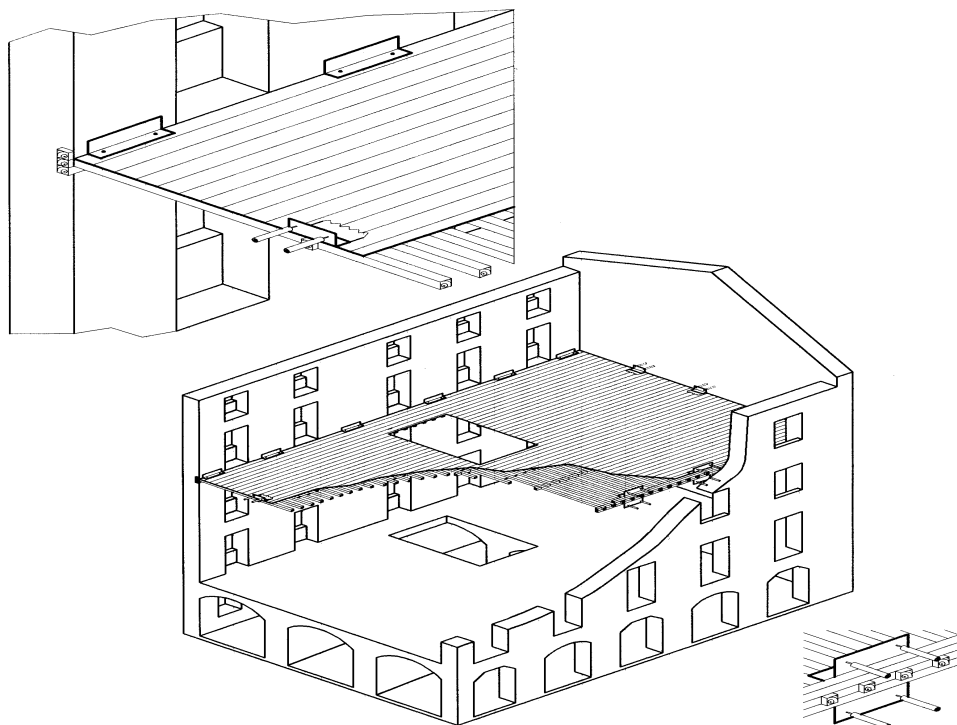
Reposição de elementos estruturais removidos (caso dos rés-do-chão).

O recurso ao betão armado adapta-se particularmente ao caso dos edifícios “de placa”. De facto, trata-se de construções onde o betão armado já existe, ao nível dos pisos, e a que faltam, sobretudo, elementos verticais resistentes ao corte e à flexão.

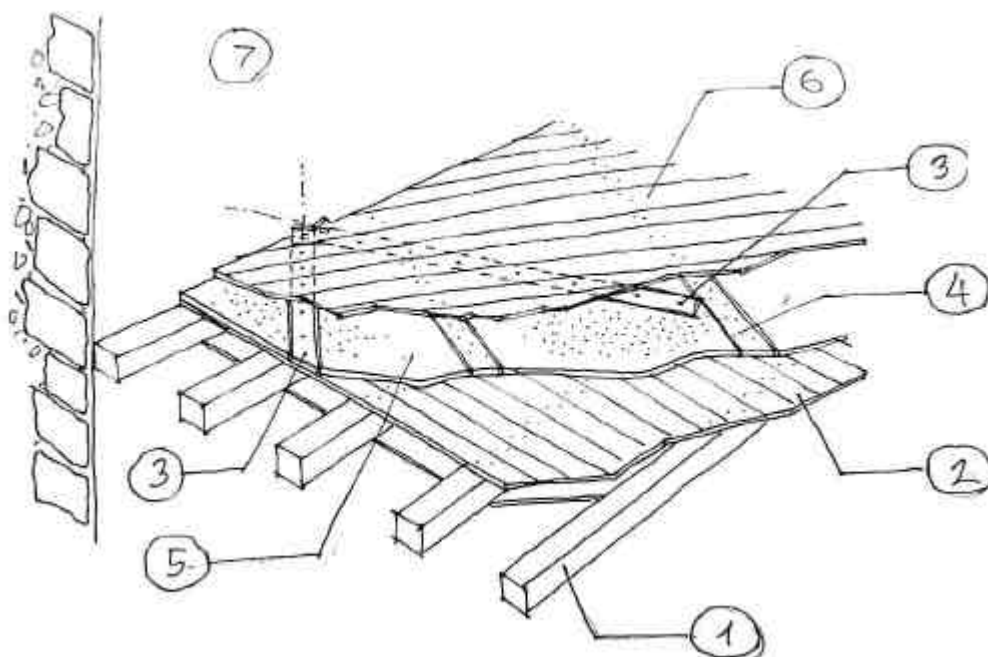
As figuras a seguir mostram alguns pormenores construtivos de como o reforço com betão armado pode ser feito nestes edifícios.



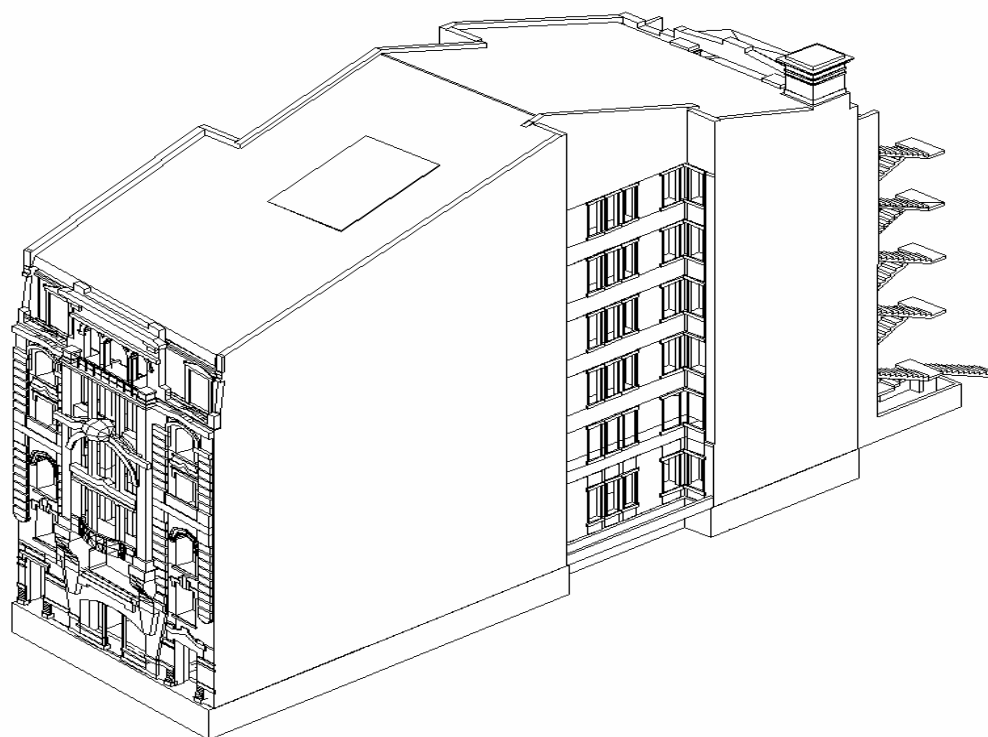
Edifícios “pombalinos” - estrutura



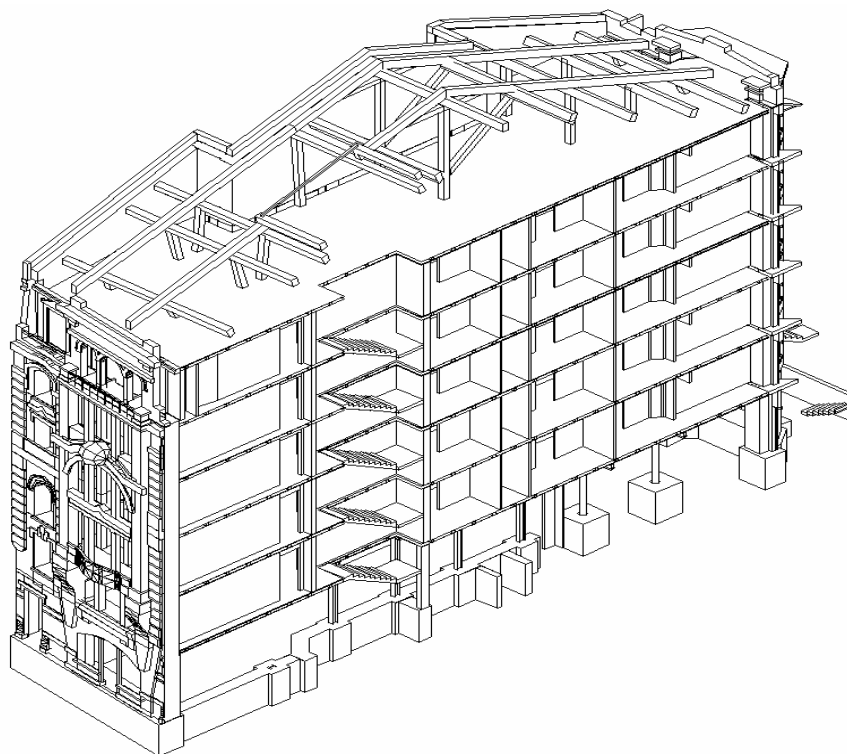
Edifícios “pombalinos” - reforço da ligação entre pisos e paredes principais



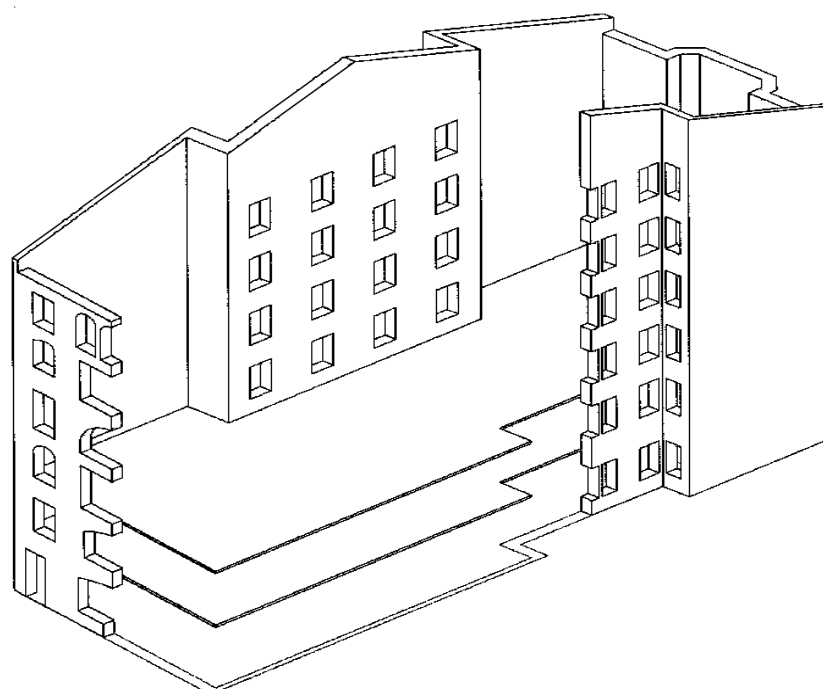
Edifícios “pombalinos” - reforço dos pavimentos de madeira



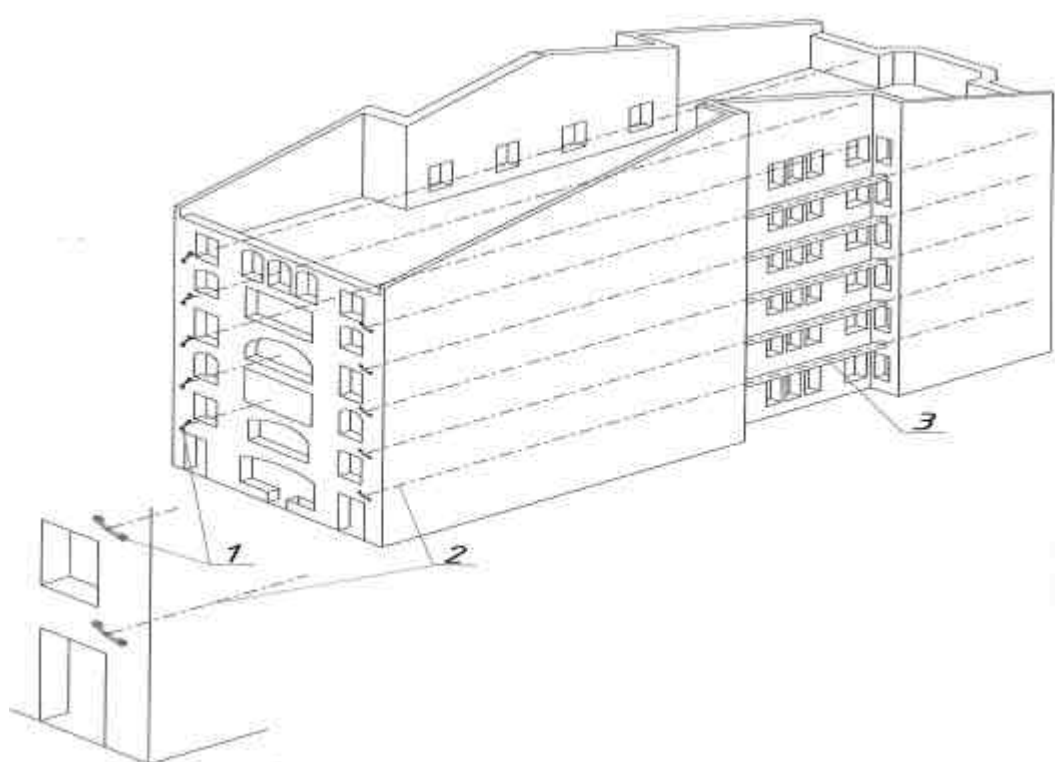
Edifícios “gaioleiros”



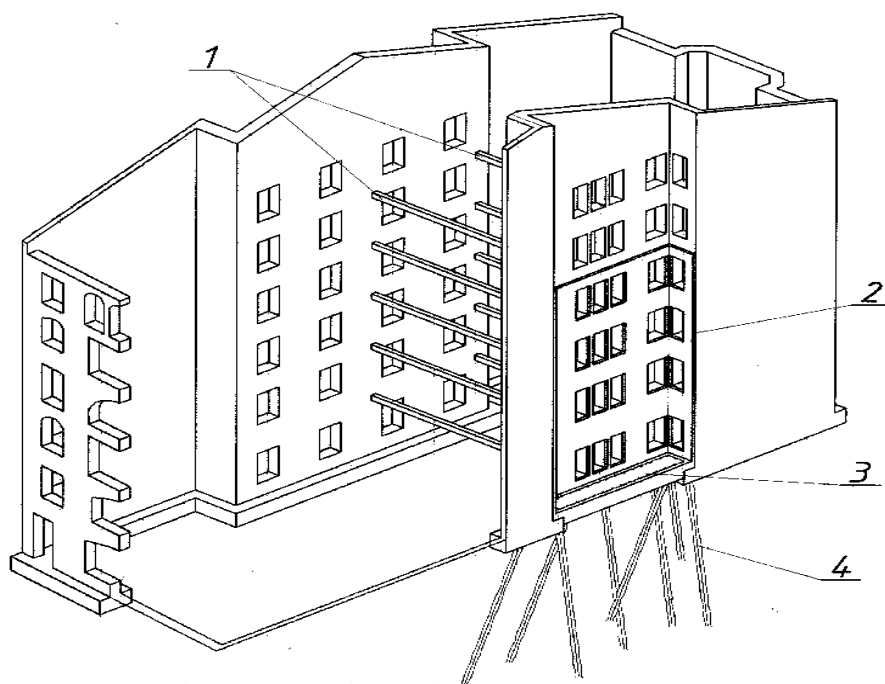
Edifícios “gaioleiros” - estrutura



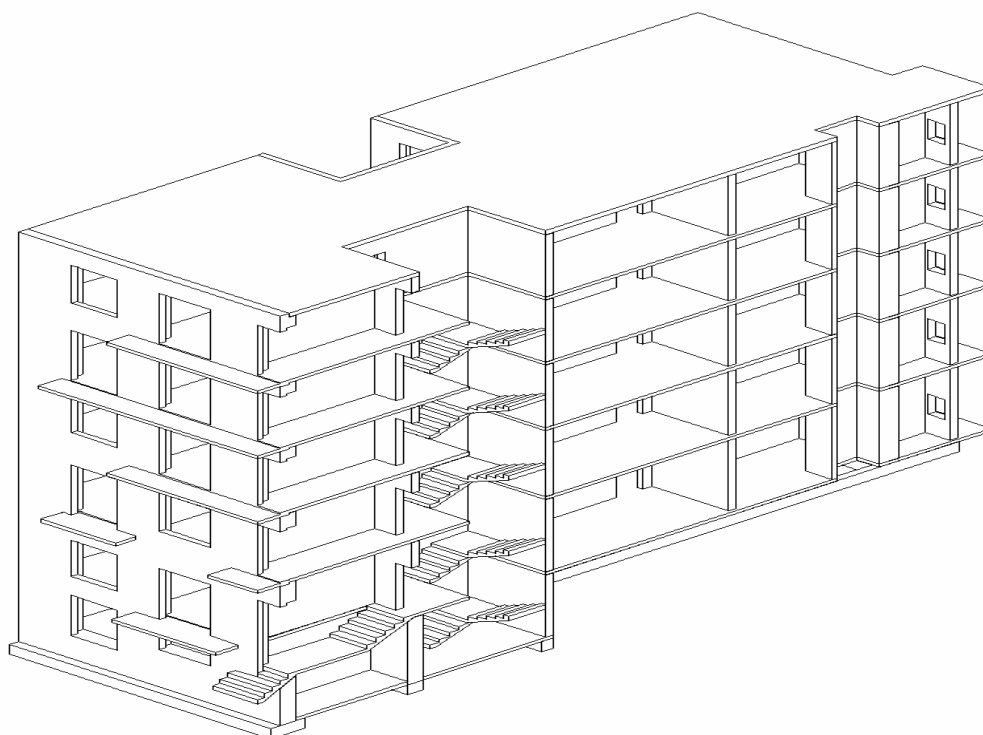
Edifícios “gaioleiros” - reforço dos pisos



Edifícios “gaioleiros” - tirantes clássicos.



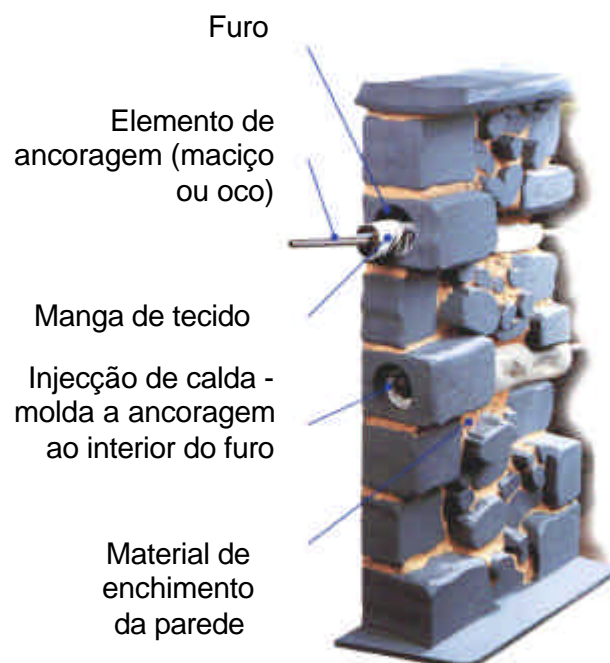
Edifícios “gaioleiros” - reforço usando os saguões



Edifícios “de placa” - estrutura



Edifícios de alvenaria - execução de tirantes clássicos



Edifícios de alvenaria - ancoragens “Cintec”



Edifícios de alvenaria - injeções de consolidação



Edifícios de alvenaria - reforço estrutural com transferência de cargas





Edifícios de alvenaria - reforço estrutural com transferência de cargas

## **Anexo V – Exemplos de soluções de reabilitação sísmica para edifícios de betão armado**

### **1. Principais insuficiências dos edifícios de betão armado “sem ductilidade”**

O conceito de ductilidade é, aqui, entendido como associado ao comportamento do conjunto do edifício, observando-se não só o pormenor construtivo mas toda a resposta estrutural - a capacidade da estrutura dissipar a energia que lhe é transmitida pelo sismo, através da sua capacidade de deformação e redistribuição dos esforços pelos diversos elementos estruturais, respondendo como um todo sem perda significativa de resistência.

#### **1.1 Edifícios anteriores aos regulamentos de 1958/1961**

Ausência de paredes resistentes

Deficiente pormenorização das armaduras. Exemplos: nós de ligação pilar-viga, sem cintagem e sem conveniente amarração de armaduras; dispensa nos apoios de grande parte da armadura inferior.

#### **1.2 Edifícios com piso vazado, dos anos 50 e 60**

Os pilares deste piso concentram esforços elevados que conduzem facilmente ao seu colapso.

Outras deficiências

Estrangulamento da secção dos pilares e excentricidades

Pilares apoiados em vigas

Predominância de pórticos planos pilar/viga numa direcção

Deficiente pormenorização de armaduras

Vigas demasiadamente rígidas em comparação com os pilares.

#### **1.3 Outras tipologias sem ductilidade**

Edifícios com pavimentos aligeirados constituídos por vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas com insuficiente travamento na direcção transversal.

### **2. Medidas correctivas possíveis**

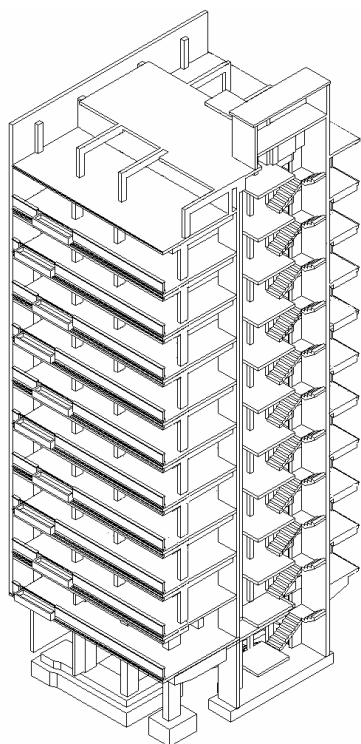
Reforço dos elementos estruturais, especialmente dos nós de ligação pilar-viga, podendo ser utilizada cintagem do nó (aumento da resistência e da capacidade de dissipação de energia).

Reforço de paredes existentes ou construção de paredes rígidas convenientemente ligadas à estrutura existente, em ambas as direcções principais do edifício (aumento da rigidez)

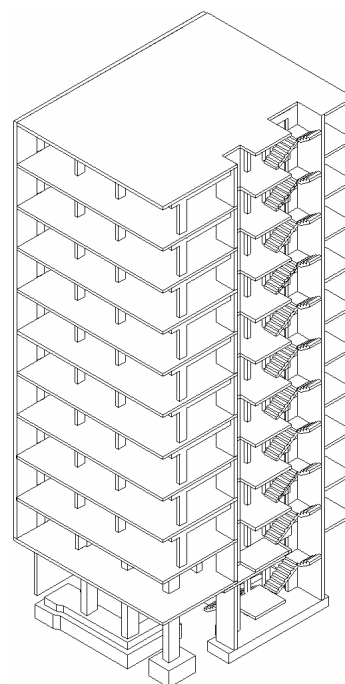
Nos edifícios com piso vazado são possíveis as duas soluções do caso anterior e, também, a introdução de diafragmas compostos por barras - escora/tirante entre dois pilares do piso vazado. Estes elementos obrigam os pilares a deformarem-se em conjunto face a solicitações horizontais, criando painéis de parede treliçada.

### **3. Exemplos**

Apresentam-se, nas figuras a seguir, alguns exemplos de aplicação de técnicas a que se pode recorrer para concretizar as medidas correctivas atrás referidas.



Edifícios de betão armado



Edifícios de betão armado



Edifícios de betão armado  
(reforço com chapas)



Edifícios de betão armado  
- reforço com compósitos



Edifícios de betão armado -  
alterações estruturais



Edifícios de betão armado -  
reforço com betão projectado

## Mitigação do Risco Sísmico em Portugal. O papel do LNEC

E. Cansado Carvalho\*

(Grupo de Estudos e Equipamentos de Engenharia Sísmica do LNEC)

### 1. Introdução

Como é bem sabido, Portugal foi atingido em 1755 por um dos maiores sismos de que há notícia na História e que destruiu Lisboa e grande parte do Sul do País. Para além deste sismo, talvez mais conhecido, outros sismos têm afectado o nosso País com efeitos destruidores e é certo que outros ocorrerão no futuro.

São essencialmente de dois tipos os eventos sísmicos que afectam o continente. Em primeiro referem-se os sismos associados à fractura que se desenvolve a partir dos Açores e se prolonga para lá do estreito de Gibraltar delineando a fronteira entre as placas Euroasiática e Africana. Em particular na zona de Gorringe, a cerca de 150 km a Sudoeste do cabo de S. Vicente, os movimentos da referida fronteira de placas deram origem a fortes sismos que afectaram a Península Ibérica e o Norte de África, dos quais são exemplos o sismo de 1755, já referido e o sismo de Fevereiro de 1969, bem sentido em Lisboa e no Algarve.

Em segundo lugar referem-se os sismos originados em falhas no interior da placa Euroasiática, por exemplo o sismo de Benavente de 1909 e provavelmente o sismo de 1531 na região de Vila Franca de Xira.

Para além destes sismos, os dados históricos do último milénio fazem referência à ocorrência de sismos catastróficos no continente em 1009, 1356 e 1856.

Quanto à sismicidade do Arquipélago dos Açores esta decorre da actividade vulcânica e tectónica da crista Atlântica, sendo caracterizada por crises com um número de sismos muito elevado. Este Arquipélago também apresenta uma sismicidade histórica importante, da qual importa salientar os sismos que afectaram S. Miguel em 1522, 1810, 1852 e 1881, a Terceira em 1547, 1614, 1800, 1801 e 1841 e S. Jorge e Pico em 1757.

Já no século XX são de referir as crises despoletadas pelos sismos de 8 de Maio de 1939, que afectou principalmente as ilhas de S. Miguel e Santa Maria, os de Novembro de 1973 nas ilhas do Pico e Faial, o de 1 de Janeiro de 1980 nas ilhas Terceira, S. Jorge e Graciosa e, muito recentemente, o de 9 de Julho de 1998, que afectou as ilhas do Faial, Pico e S. Jorge.

Nestas circunstâncias, a protecção das populações em relação aos efeitos dos sismos deve constituir uma preocupação do País.

Tal protecção, para além dos aspectos de Protecção Civil muito importantes para a minimização das consequências dos sismos após a sua ocorrência mas que não se abordam nesta comunicação, só poderá decorrer de medidas tendentes a diminuir o risco sísmico no País.

---

\* Investigador Coordenador, Chefe do Grupo de Estudos e Equipamentos de Engenharia Sísmica do LNEC

## 2. O risco sísmico

O risco sísmico representa as perdas que um dado elemento exposto sofrerá, como resultado de sismos futuros, e a probabilidade das mesmas ocorrerem para um certo período de tempo de exposição.

O elemento em risco poderá ser um edifício, uma cidade, um país, a população que neles habita, um sistema de infraestruturas (e.g. redes) ou uma dada actividade económica. A definição do elemento em risco condicionará portanto a forma como são avaliadas as perdas ou o risco sísmico, o que poderá ser efectuado em termos do custo directo dos danos em edifícios, do número de mortos, feridos ou desalojados ou dos custos resultantes da interrupção de uma dada actividade económica, etc.

Os danos provocados pelos sismos nas construções dependem da intensidade da acção sísmica e da resistência e qualidade da construção ou, por outras palavras, da vulnerabilidade da construção a essa acção. Desta forma, a avaliação do risco sísmico engloba três componentes fundamentais, tal como se explicita na figura 1: (i) a caracterização da sismicidade para um dado período de exposição e região (seismic hazard), (ii) a avaliação da vulnerabilidade dos elementos expostos e (iii) a avaliação dos danos e do risco na região sísmica em análise.

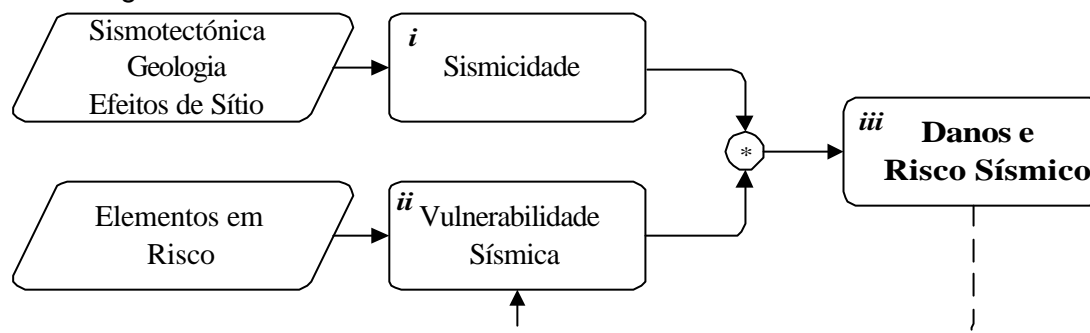


Figura 1 - Componentes do procedimento para avaliação do risco sísmico.

É assim compreensível que uma dada região, mesmo que esteja sujeita a sismos intensos, pode ter um risco sísmico reduzido se for escassamente habitada uma vez que nesse caso os elementos expostos serão poucos. Pelo contrário, um outra região sujeita a sismos da mesma severidade, possuirá um risco sísmico tanto mais elevado quanto mais vulneráveis forem as estruturas nela existentes.



Figura 2 – Diferença de vulnerabilidade em edifícios - sismo do Faial, 8 de Julho de 1998.

Na figura 2 ilustra-se de forma eloquente o conceito de vulnerabilidade. A fotografia foi tirada na sequência do sismo do Faial de 1998 e mostra a clara diferença de vulnerabilidade de dois edifícios. Embora ambos tenham estado expostos à mesma acção sísmica, o da esquerda, reforçado recentemente, não sofreu danos, enquanto o da direita colapsou.

### **3. Mitigação do Risco Sísmico**

Face à inevitabilidade da ocorrência dos sismos em determinadas regiões, a mitigação do risco sísmico passa obrigatoriamente pela diminuição da vulnerabilidade das suas construções ou de outros elementos expostos à sismicidade do local.

Como ponto de partida para qualquer processo desta natureza é portanto clara a necessidade de fazer a avaliação do risco sísmico presente para, a partir daí estabelecer a estratégia para diminuição do risco.

Naturalmente o objectivo de vulnerabilidade reduzida das construções aplica-se tanto às construções existentes (algumas das quais bastante antigas) como às obras em construção no presente e a construir no futuro.

Para as construções existentes, haverá que avaliar em concreto a sua vulnerabilidade e, no caso de essa vulnerabilidade ser excessiva, tomar as medidas correctivas apropriadas que essencialmente corresponderão ao seu reforço ou à sua demolição num determinado prazo.

Para as obras em construção ou a construir, para além do esforço permanente de actualização da regulamentação de projecto, haverá sobretudo que assegurar o cumprimento da regulamentação já existente que estabelece as regras de projecto que conferem características sísmo-resistentes às construções. Por outro lado, também a execução das obras deve ser acompanhada por uma Fiscalização actuante que assegure o fiel cumprimento do projecto estrutural.

Finalmente, tanto para as construções existentes como para as futuras, há que garantir que são alvo de uma utilização adequada, com manutenção periódica e sem a realização de alterações que lhes diminuam a resistência sísmica.

### **4. O papel do LNEC na mitigação do risco sísmico em Portugal**

Como organismo de Investigação do Estado na área da Engenharia Civil, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil tem contribuído e pretende continuar a contribuir para a mitigação do risco sísmico em Portugal.

Naturalmente essa contribuição concretiza-se especialmente pela actividade de investigação em Engenharia Sísmica que o LNEC leva a cabo.

A actividade do LNEC neste campo data praticamente da sua fundação há cerca de 50 anos e encontra-se disseminada em vários dos seus Departamentos. Na realidade realiza-se actualmente investigação relacionada com a Engenharia Sísmica nos Departamentos de Estruturas, de Barragens, de Geotecnia e de Edifícios.

Do ponto de vista dos temas tratados, e considerando a Engenharia Sísmica num sentido lato, é de referir a realização de estudos relacionados com:

- Sismicidade e tectónica
- Risco sísmico e acção sísmica
- Dinâmica de estruturas e de solos
- Comportamento não-linear de estruturas e de solos

- Resposta sísmica de estruturas
- Resposta sísmica de sistemas complexos como seja a interacção Barragem-Fundação-Albufeira
- Avaliação sísmica de estruturas e de técnicas de reparação e reforço
- Desenvolvimento de regulamentação Nacional e Internacional

A actividade tem um carácter tanto analítico como experimental, sendo esta última na maior parte, embora não exclusivamente, a correspondente à utilização da plataforma de ensaios sísmicos triaxial do LNEC.

Esta plataforma tem características singulares (4,5 x 5,5 m de dimensão em planta, carga máxima dos modelos de 400 kN e movimento simultâneo triaxial) que a colocam como uma das maiores da Europa. Tem estado integrada em projectos do Programa das Grandes Instalações da União Europeia.

Muitos dos projectos de investigação do LNEC na área da Engenharia Sísmica têm sido conduzidos em colaboração com entidades estrangeiras e com financiamento da União Europeia mas pretende-se salientar nesta ocasião a actividade de âmbito nacional mais relevante presentemente em curso.

Refere-se em primeiro lugar o estudo, em vias de conclusão, encomendado pelo Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC) e a ser realizado em conjunto com outras três entidades de investigação nacionais, que tem em vista a avaliação das consequências da ocorrência de sismos (em vários cenários de severidade) afectando a Área Metropolitana de Lisboa (AML) e alguns concelhos limítrofes de modo a suportar o estabelecimento de planos de emergência por parte do SNPC. A actividade do LNEC neste estudo incidiu sobretudo no estabelecimento de cenários de ocorrências sísmicas e na avaliação do comportamento do parque habitacional e dos designados pontos vitais (instalações com funções importantes para as operações de socorro na sequência de um sismo).

Outro estudo que merece referência é o conjunto de ensaios que se está a realizar para a firma STAP, incluídos no projecto Comrehab, relativos a medidas de reforço de construções de alvenaria antiga utilizando materiais compósitos. Inclui a realização de 18 ensaios na plataforma sísmica.

Finalmente, merece particular destaque o projecto designado por “Mitigação do risco sísmico em Portugal” com financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia e também do próprio orçamento de investigação do LNEC.

Este projecto, que se iniciou em fins de 1999 e é referido no texto base do presente Encontro, inclui actividade analítica e experimental e tem como objectivos:

- avaliar o risco sísmico actual em Portugal associado aos edifícios de habitação
- identificar e avaliar a eficiência de medidas de reforço estrutural tendentes à diminuição desse risco
- preparar uma proposta regulamentar que possa servir para a implementação de operações de reabilitação sísmica.

Meramente a título ilustrativo apresentam-se alguns resultados que este projecto já proporcionou.

No que se refere à sismicidade de Portugal apresenta-se na figura 3 as envolventes dos espectros de resposta para 278 concelhos de Portugal Continental, agrupados em quatro zonas sísmicas para um período de retorno de 975 anos e para os dois mecanismos de geração sísmica (intraplaca e interplacas) [1]. Estes resultados poderão servir de base a uma futura revisão do zonamento sísmico actual.



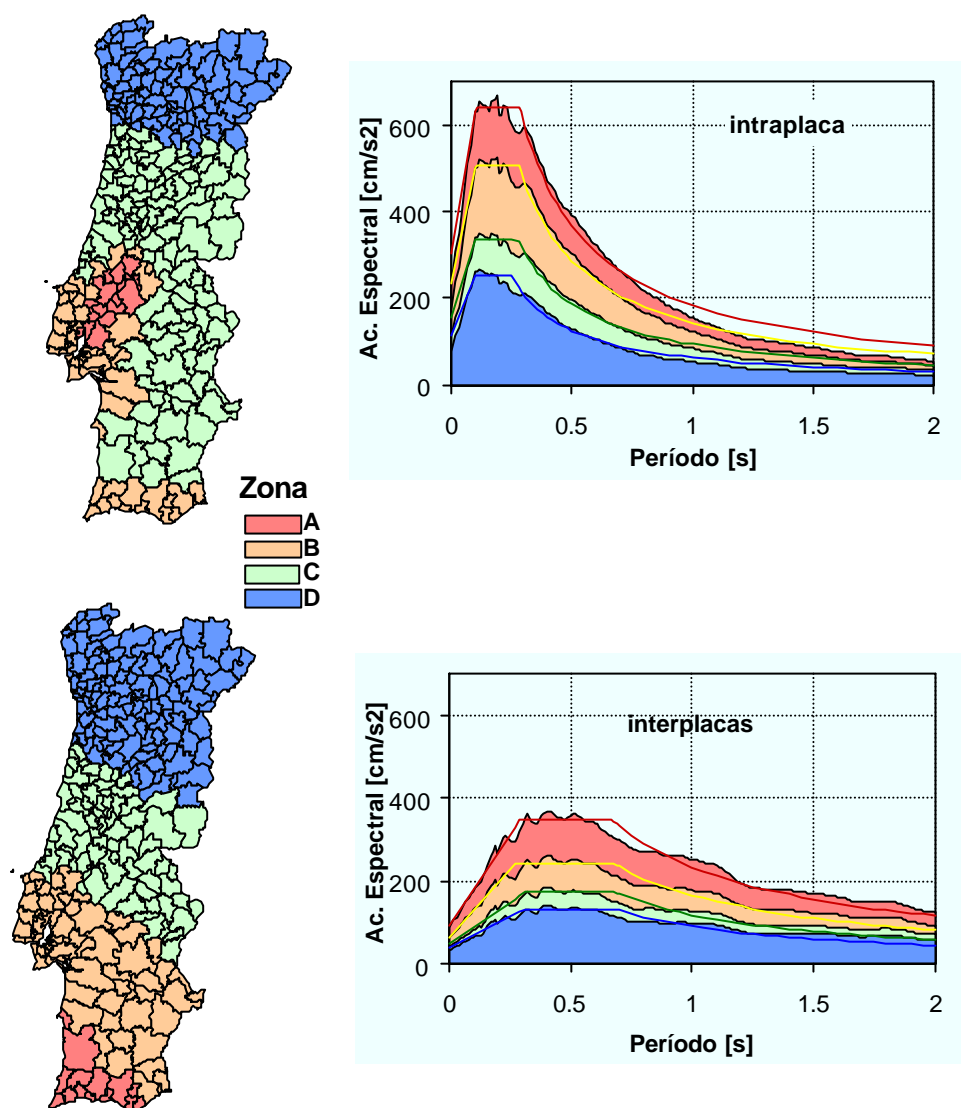


Figura 3 – Envolventes dos espectros de resposta para 975 anos de período de retorno para todos os concelhos de Portugal continental agrupados em quatro zonas sísmicas.

Quanto às tipologias construtivas apresenta-se na figura 4 a sua desagregação de acordo com a informação disponível nos resultados do Censos 91 relativamente à habitação [2]. A desagregação diz respeito aos alojamentos existentes em 1991. De momento procura-se, no âmbito do projecto, actualizar esta informação à presente data, com base em informação de outra natureza publicada pelo INE e espera-se que com a publicação dos resultados do Censos 2001, em curso neste momento, se consiga a curto prazo uma informação mais fidedigna quanto ao actual parque habitacional nacional. Saliente-se a propósito que, a pedido do LNEC, no inquérito à habitação do Censos em curso se incluíram algumas questões com o objectivo de melhor estimar a vulnerabilidade sísmica dos edifícios.

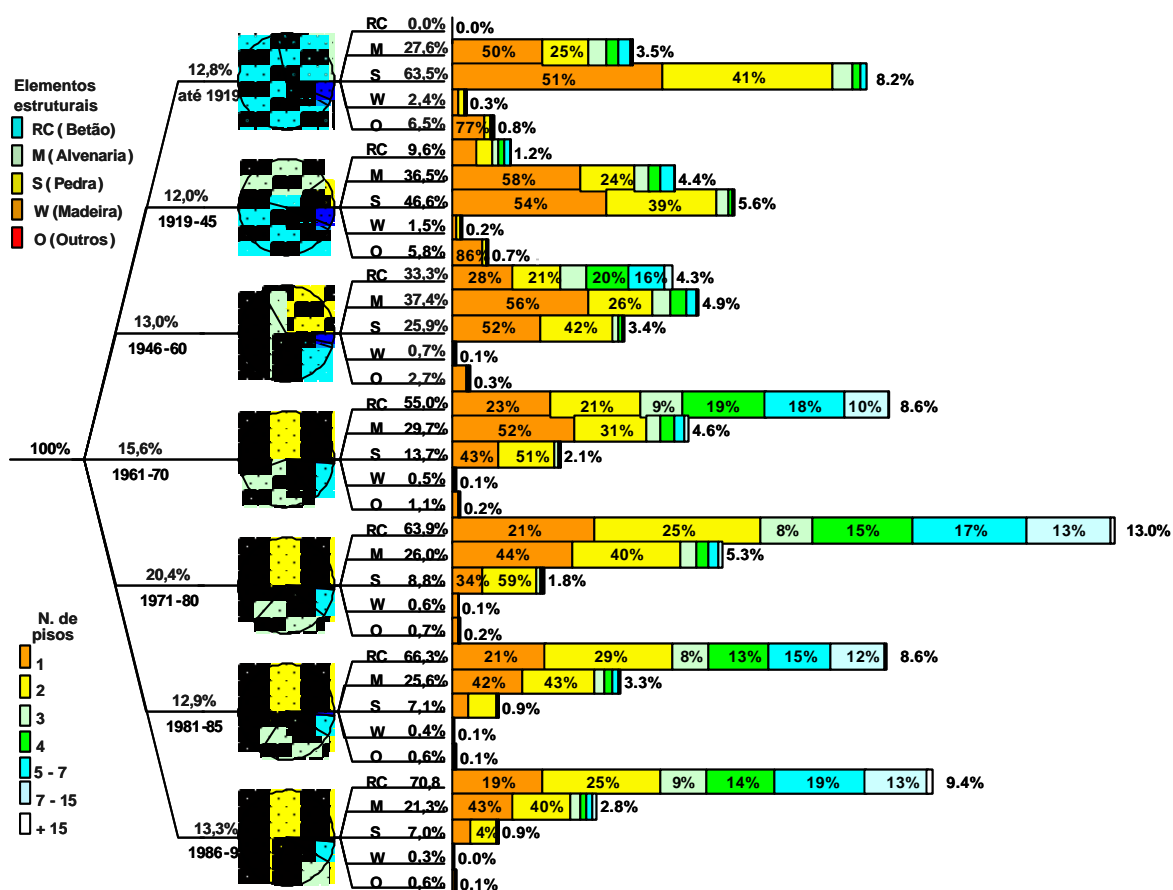


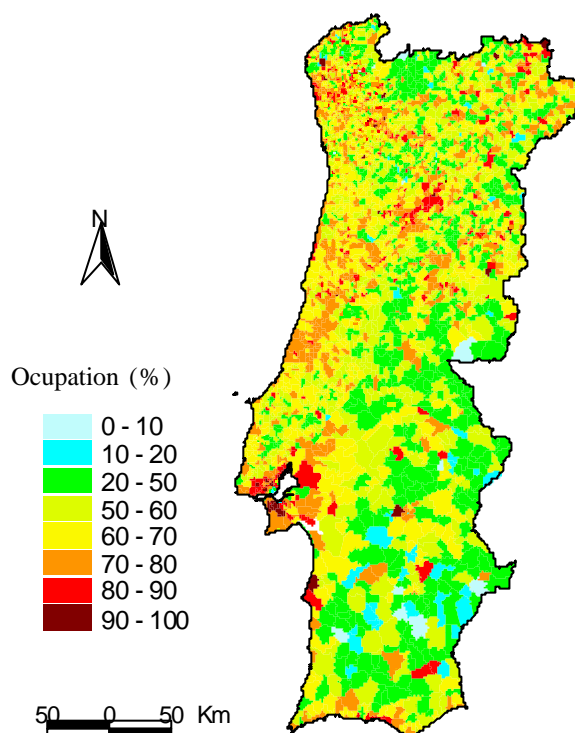
Figura 4 – Desagregação das tipologias construtivas dos alojamentos em Portugal continental (Censos 91).

Independentemente de alguma desatualização da informação do Censos 91 a Figura 4 ilustra os seguintes aspectos:

- A grande maioria dos alojamentos situam-se em edifícios de 1 e 2 pisos
- 45% dos alojamentos de habitação localiza-se em edifícios com estrutura de betão armado
- Uma parte significativa dos alojamentos (25%) localizam-se em edifícios com mais de 50 anos (à data de 1991)
- À data de 1991, 62% dos alojamentos localizam-se em edifícios construídos após 1961 (data aproximada da entrada em vigor da regulamentação sísmica em Portugal)

Finalmente a Figura 5 refere-se aos habitantes e ilustra a percentagem da população em cada concelho residente em edifícios posteriores a 1961 ou seja após a entrada em vigor da regulamentação sísmica [2]. Globalmente, em Portugal Continental, 66% da população residia em 1991 em edifícios construídos após aquela data. Embora a data de construção por si só não garanta a resistência sísmica adequada das construções (tanto mais porque existe pouca informação quanto ao grau em que tal regulamentação é efectivamente aplicada) julga-se que a Figura 5 ilustra de alguma maneira o grau de exposição da população à maior ou menor vulnerabilidade sísmica das construções.

Para além da actividade de investigação, o LNEC procura igualmente criar os mecanismos de transmissão dos resultados dessa investigação para o meio técnico. Neste aspecto o desenvolvimento da regulamentação tem um papel importante e é também tradicionalmente um dos seus campos de actuação.



*Figura 5 – Percentagem da população dos vários concelhos residente em edifícios de construção posterior a 1961 (Censos 91).*

A regulamentação estrutural actualmente em vigor no País foi preparada no LNEC e o LNEC acompanha agora de perto o desenvolvimento dos Eurocódigos que, num futuro não muito distante, passarão a ter aplicação harmonizada em toda a União Europeia para o projecto estrutural, substituindo as regulamentações e normas existentes nos vários países.

Esta actividade de acompanhamento da preparação dos Eurocódigos desenvolve-se no seio da Comissão Técnica CT115 que está sediada no LNEC. Por outro lado o LNEC detém o Secretariado da Sub-Comissão do CEN (Comité Europeu de Normalização) que está encarregue da preparação do Eurocódigo 8 relativo ao projecto de estruturas sismo-resistentes.

A actualização dos regulamentos e regras de construção anti-sísmica têm que se basear nos resultados obtidos pelo progresso da investigação científica e assim se compreende bem a interacção entre estas duas componentes da actividade do LNEC.

Apesar da relevância da investigação e da existência de regulamentação apropriada para a mitigação do risco sísmico tal, por si só, não é suficiente para atingir esse objectivo. Outros aspectos são igualmente relevantes.

Um deles é a necessidade de assegurar a qualidade do projecto e da construção a todos os níveis, desde a construção mais sofisticada até às mais pequenas habitações individuais. De facto, os sismos são extremamente eficazes a identificar os erros de projecto e as deficiências de construção por mais escondidos que possam estar.

Embora esteja fora das atribuições do LNEC a actividade de fiscalização da actividade de projecto e construção, o LNEC apoiará todas as iniciativas tendentes à melhoria da Qualidade da Construção em Portugal, merecendo referência a sua acção na atribuição da Marca de Qualidade LNEC a alguns empreendimentos.

Um outro aspecto que deve merecer atenção é o da reabilitação sísmica do parque construído, aspecto que corresponde ao assunto central do presente Encontro. Neste caso, para além da necessidade do desenvolvimento e disseminação de conhecimentos específicos para o efeito, a questão da mobilização da sociedade e do financiamento deste tipo de operações em larga escala é também crucial.

Portugal está neste momento a lançar um conjunto de operações de reabilitação urbana e é importante que aí se incluam também os aspectos de reabilitação sísmica das construções. Deste ponto de vista, o LNEC poderá contribuir com a informação técnica para a preparação de regulamentação específica para o efeito. Aliás, como se disse acima, este aspecto está previsto como um dos resultados esperados do projecto de investigação em curso no LNEC sobre a "Mitigação do risco sísmico em Portugal".

A reabilitação do parque construído poderá de facto contribuir para a efectiva diminuição da exposição das populações ao risco sísmico e assegurará também uma melhor salvaguarda das construções existentes, aspecto importante nos casos em que essas construções façam parte do nosso património cultural. Como os recentes sismos continuam a mostrar, temos que nos preparar, reforçando as construções vulneráveis ou tomando medidas para a sua eliminação programada, nos casos em que essa seja a melhor opção. Se não o fizermos correremos sério risco de ser confrontados no futuro com um desastre de grande dimensão quer em termos de perdas humanas como económicas.

## 5. Conclusões

Portugal, apesar de ser um país de sismicidade moderada a nível mundial, tem um risco sísmico elevado em algumas regiões, contribuindo para tal a existência no seu parque construído de muitos edifícios com insuficiente resistência sísmica de raiz a que se somam estados avançados de degradação.

É possível identificar diversas linhas de intervenção para a mitigação do risco sísmico das quais importa salientar as seguintes:

- (i) ao nível das construções novas há que garantir que são projectados e construídos segundo a regulamentação em vigor, ou seja, há que assegurar uma fiscalização efectiva de todo o processo construtivo;
- (ii) ao nível das construções já existentes é necessário avaliar a respectiva segurança sísmica e estabelecer um programa global e sistemático de redução da vulnerabilidade sísmica do parque construído, apoiado num enquadramento regulamentar e legislativo adequado;
- (iii) ainda no que se refere às construções existentes, há também que acautelar que não são efectuadas intervenções (e.g. alterações ou ampliações) sobre os edifícios que prejudiquem a sua segurança sísmica;
- (iv) ao nível da divulgação, há que sensibilizar a população para o problema do risco sísmico. A sismicidade em Portugal é caracterizada por longos períodos de acalmia e assim os seus efeitos facilmente se perdem na memória da sociedade. De facto, julga-se que a população portuguesa, excluindo-se talvez a açoreana, não tem uma percepção adequada do risco sísmico, não exercendo portanto uma pressão efectiva quanto à necessidade de conferir segurança sísmica às construções.

Em todos estes aspectos o LNEC, na sua esfera específica de actividade, está à disposição do País para dar o seu contributo para um objectivo de inegável interesse nacional como é o da mitigação do risco sísmico.

### Referências

- [1] Oliveira, C. S., Sousa, M. L. e Campos-Costa, A.: “*Contribuição para a revisão da acção sísmica em Portugal Continental no contexto do Eurocódigo 8*”, 4º Encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, Faro, Outubro de 1999.
- [2] Sousa, M. L., Candeias, P. X. et al: “Levantamento do parque habitacional de Portugal Continental para estudo da sua vulnerabilidade sísmica com base nos Censos-91”, Relatório 260/00 – C3ES, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Outubro de 2000.



## **Mitigação do Risco Sísmico**

### **Contributo do Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia para a Promoção de Programas Conjuntos e Acções Concertadas**

Artur Vieira Pinto<sup>\*</sup> e Michel Gérardin<sup>\*\*</sup>

(ELSA, Joint Research Centre, Ispra, Itália)

#### **1. Introdução**

A Comissão Europeia tem desenvolvido um conjunto de acções relacionadas com a protecção (pessoas e bens -construções) relativamente aos efeitos dos sismos. Poderemos destacar o apoio à elaboração dos Eurocódigos, em particular o Eurocódigo 8 (Direcção-Geral – ‘Empresa’), um vasto conjunto de apoios à investigação nos domínios da Sismologia e da Engenharia Sísmica, bem como no domínio da reabilitação do património construído. Estes últimos integrados no programa temático – Energia, Ambiente e Desenvolvimento Sustentado (Direcção-Geral - Investigação) do Quinto Programa-Quadro (investigação, desenvolvimento tecnológico e actividades de demonstração).

No entanto, não existe um programa Comunitário específico que englobe estas temáticas e poderemos intuir que um tal programa só será possível se claramente solicitado pela autoridades nacionais. As questões que se colocam são as seguintes: O problema da protecção sísmica coloca-se num grupo importante de estados membros (associados e em fase de adesão)? Deve a Comissão contribuir para reduzir possíveis assimetrias na protecção sísmica? Quais os benefícios directos e indirectos? Qual a contribuição para o desenvolvimento e criação de emprego? Quais os benefícios duma acção conjunta ao nível da Comissão, nomeadamente no que respeita à competitividade da indústria Europeia em mercados internos e externos?

As respostas a estas questões são claramente positivas para a comunidade técnica e científica envolvidas nestes assuntos mas tal não basta! É necessário promover acções de carácter técnico-sócio-político que possam alertar e vincular as autoridades nesse sentido. O “Encontro Sobre a Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado em Portugal” é, sem dúvida, uma acção importante neste campo

#### **2. Workshop - “Mitigation of Seismic Risk – Support to Recently Affected Countries”**

Na sequência dos sismos que ocorreram recentemente na Grécia e na Turquia, o Centro Comum de Investigação (‘Joint Research Centre’ (JRC)), da Comissão Europeia acolheu a proposta do comissário para a investigação, Philippe Busquin, para organizar um workshop dedicado ao tema e que tinha como objectivo geral discutir e propor um conjunto de acções tendentes à redução do risco sísmico na Europa. O JRC, em conjunto com a Direcção-Geral ‘Ambiente’ – Unidade de Protecção Civil, organizaram o Workshop intitulado - “Mitigation of Seismic Risk – Support to Recently Affected Countries” - que teve lugar em Novembro de 2000, em Belgirate, Itália, e que contou com o apoio de várias instituições nacionais e internacionais e com mais de 180 participantes, incluindo representantes dos governos de

---

<sup>\*</sup> Responsável do Sector ELSA, SSMU, ISIS, JRC Ispra (artur.pinto@jrc.it)

<sup>\*\*</sup> Chefe de Unidade, Safety in Structural Mechanics Unit (SSMU), ISIS, JRC Ispra

Portugal, Grécia e Itália, representantes das agências de Protecção Civil nacionais e de organizações internacionais bem como de uma parte importante da comunidade científica Europeia.

Durante a mesa-redonda organizada no final Workshop, foram discutidas e identificadas um conjunto de acções tendentes à redução do risco sísmico na Europa que se consideram como parte de um “Plano de Acção” na União Europeia com o objectivo de: 1) promover a mitigação dos riscos sísmicos; 2) promover a cooperação entre serviços Nacionais de Protecção Civil estabelecer a sua coordenação a nível internacional de forma a melhorar a sua eficácia. De tal plano de acção a nível da União destacam-se cinco pontos que se passam a apresentar:

1. Envolver todas as instituições e organizações que possam e devam contribuir para a protecção e segurança dos cidadãos relativamente aos riscos associados aos sismos, nomeadamente: a Comissão Europeia, os Governos nacionais, as Autoridades/Governos regionais, Associações nacionais e internacionais, Serviços de Protecção Civil e Sector privado (incluindo as Seguradoras);
2. Realçar a importância da protecção sísmica (pessoas e bens) nas políticas da União Europeia e sublinhar a importância da mitigação do risco sísmico na Europa, acrescentada pelo alargamento da União previsto num futuro próximo. De facto, uma parte importante dos países candidatos possuem elevada casualidade sísmica e a vulnerabilidade das suas construções é também elevada. Turquia, Roménia e Eslovénia constituem os exemplos com maior risco como foi demonstrado muito recentemente pelos sismos de Kocaeli (Izmit);
3. Estabelecimento de uma lista de tópicos relacionados com a mitigação do risco sísmico que requerem desenvolvimento e acções a curto, médio e longo prazo (investigação, regulamentação, protecção civil, avaliação e reforço das construções vulneráveis existentes);
4. A criação de uma plataforma a nível da União que: a) promova a cooperação formal entre as agências nacionais para a mitigação do risco sísmico (exemplo: o Servizio Sismico Nazionale em Itália), e, b) sirva como elemento consultivo e definidor de prioridades e que possa assistir a Comissão e outras organizações internacionais na definição das suas políticas;
5. Promover uma cooperação internacional efectiva, nomeadamente entre a União Europeia, os Estados Unidos da América e o Japão, tirando partido das oportunidades oferecidas pelas tecnologias de informação.

## 2.1 Investigação e desenvolvimento tecnológico

No que respeita à investigação e ao desenvolvimento técnico e tecnológico são consideradas prioridades: o desenvolvimento de métodos racionais para a avaliação e reforço de estruturas, em particular para o projecto do seu reforço (re-design), o desenvolvimento de ferramentas para a avaliação sócio-económica das consequências dos sismos bem como a avaliação do risco sísmico que constituem informação indispensável nos processos de decisão e de estabelecimento de prioridades de intervenção. Em paralelo, devem ser estudadas soluções de reforço sísmico que ofereçam uma boa relação custo - benefício e que façam uso de materiais inovativos e compatíveis com um desenvolvimento sustentável (preservação arquitectónica, compatibilidade com o meio ambiente e durabilidade). No campo da Protecção Civil, que certamente acolherá os desenvolvimentos acima referidos que lhe permitirão identificar zonas e construções de maior risco e definir estratégias e planos de intervenção, existe a necessidade de se desenvolverem novas técnicas para a detecção de pessoas nos escombros e de técnicas que possam tornar mais rápidas e eficazes as operações de salvamento.



É no entanto de realçar que se considera de extrema importância a forma como a investigação comunitária, no campo da engenharia sísmica, é posta em prática. De facto, é opinião comum que a eficiência e aplicabilidade dos resultados da investigação podem ser substancialmente melhoradas com o estabelecimento de programas de investigação, em detrimento da solução baseada em projectos de pequena/média dimensão muitas vezes focalizados e sem enquadramento geral, e que têm sido a solução adoptada nos programas-quadro. A definição de programas de investigação nesta área pode enquadrar de forma eficaz as actividades interdisciplinares da 'engenharia sísmica' e incluir planos de exploração dos resultados da investigação, nomeadamente da sua inclusão na regulamentação.

Recentemente, durante a presidência portuguesa (Janeiro - Junho, 2000), O Conselho Europeu aprovou a proposta da Comissão intitulada 'Espaço Europeu da Investigação (EEI)' que deverá lançar as bases para uma maior eficácia da investigação na Europa e ao mesmo tempo orientar a elaboração do próximo programa-quadro (PQ6). Para além do Parlamento Europeu, que apoia com determinação a proposta EEI, através da sua Resolução de 18 de Maio de 2000, também o Comité Económico e Social e o Comité das Regiões apoiam a iniciativa. Como objectivos gerais desta proposta salienta-se: 'Melhoria dos desempenhos da investigação europeia, nomeadamente através da ligação em rede e da execução coordenada dos programas nacionais, da ligação em rede dos centros e focos de excelência públicos (nomeadamente universitários) e privados existentes nos Estados-Membros e execução de grandes projectos de investigação orientada, nomeadamente de investigação industrial'.

É claro que as propostas da comunidade técnica e científica envolvidas na protecção sísmica se podem integrar nos objectivos do 'Espaço Europeu da Investigação', mas tal não basta para garantir o desenvolvimento e financiamento de um programa específico nesta área. Que fazer? Demonstrar a necessidade de um programa de investigação na área de protecção sísmica e sensibilizar os governos nacionais (Ministérios da Ciência e Tecnologia, em Portugal, e outros) a propor e defender de forma determinada tal iniciativa, perante a Comissão.

## **2.2 Edifícios existentes e infra-estruturas**

É largamente reconhecido que uma grande parte dos edifícios e das infra-estruturas (ex.: pontes e viadutos) existentes, que foram projectados e construídos sem características específicas para a resistência aos sismos, constituem a fonte principal de risco e poderão ser responsáveis pela maior parte da perda de vidas humanas e pelos elevados números de feridos durante os sismos de grande intensidade. É no entanto reconhecido que o seu reforço ou substituição por novas construções representa um esforço que esta muitas vezes para além das possibilidades económicas, e também, do 'conhecimento técnico' dos proprietários. De facto, devem ser criados fortes incentivos e encontradas/seguidas soluções/ políticas de financiamento alternativas, e apelativas, num espaço que envolva a Banca, os 'Seguros', o Estado e a União).

Adicionalmente, as comunidades técnica e científica, solicitadas pelas autoridades e/ou pelos proprietários, devem estar em condições de: 1) disponibilizar ferramentas para estabelecer cenários de pré-desastre para orientar e encorajar intervenções atempadas; 2) Estabelecer metodologias comuns para estudos de vulnerabilidade, critérios de avaliação de danos, incluindo perdas não estruturais; 3) Realizar análises de risco de sistemas de infra-estruturas (telecomunicações, gás, água, electricidade, estradas, pontes e viadutos, outras infra-estruturas de transporte, ...) nacionais e transnacionais e instalações industriais no seu espaço e ambiente urbano; 4) fornecer às autoridades informação e ajuda no processo de decisão respeitante às intervenções incluindo possibilidade (técnica e económica) da sua realização e definição de prioridades; 5) desenvolver regulamentação e

documentos auxiliares (com exemplos típicos) de suporte à avaliação da vulnerabilidade e projecto de reforço das construções.

### 2.3 Regulamentos e Normas

Os regulamentos e códigos de projecto são de importância primordial para garantir o projecto e construção de estruturas sísmo-resistentes. A introdução de novos regulamentos ou a revisão dos regulamentos em vários países Europeus, durante as últimas duas décadas, constitui um passo importante no projecto de estruturas com características sísmo-resistentes substancialmente melhoradas. O processo de elaboração, aperfeiçoamento e 'aprovação' dos Eurocódigos, especialmente o Eurocódigo 8 (documentos nacionais de aplicação) constitui também um marco importante no seio do CEN, parcialmente financiado pela Comissão, e demonstra que a colaboração e participação de diversas instituições e autoridades nacionais permite desenvolver e aplicar métodos, regras e legislação comuns e harmonizados, mesmo em campos onde a tradição e a prática se apresentam com importantes assimetrias.

No entanto, existem aspectos que devem ser aperfeiçoados, nomeadamente, em termos de simplificação e compreensão pela comunidade técnica e possivelmente uma maior racionalidade na definição dos estados-limite. Adicionalmente, devem ser garantidas condições e mecanismos para a sua revisão periódica e mecanismos adequados que possam garantir a sua aplicação.

Por outro lado, os governos dos países candidatos a União Europeia devem ser encorajados a participar na preparação do Eurocódigo 8 e noutras actividades com ele relacionadas.

Outros aspectos que devem ser objecto de atenção especial são: a obrigatoriedade de aplicação da regulamentação e o seu controlo, a garantia da qualidade no projecto e na construção, o combate à construção 'sub-standard', a racionalização do papel da indústria seguradora e a clarificação das responsabilidades/obrigações dos projectistas e outros agentes da construção, que são aspectos interdependentes a serem analisados pelas autoridades e pelas companhias de seguros públicas ou privadas.

Adicionalmente, considera-se importante desenvolver um sistema de certificação dos produtos para construção, especialmente para os produtos mais recentes tais como: sistemas de dissipação e isolamento para a protecção sísmica, e para novos materiais, já que tal certificação se considera realizável e prática comum para os produtos convencionais.

### 2.4 Protecção Civil

Por iniciativa do Comissário para o ambiente, que tem sob sua alçada a Protecção Civil, a Comissão propôs um conjunto de mecanismos de coordenação das intervenções dos serviços de protecção civil que permitam uma ajuda trans-nacional às regiões afectadas. Esta iniciativa é importante, mas considera-se igualmente necessárias outras acções, nomeadamente uma promoção imaginativa dos riscos associados aos sismos que possa alertar os agentes económicos e as populações, bem como das potencialidades das intervenções na redução desses riscos. No que respeita às agências de protecção civil, realçam-se alguns aspectos que muito podem contribuir para uma acção efectiva, nomeadamente com: 1) a obtenção de informação sobre o 'parque construído existente' e o seu tratamento, especificamente com a realização de estudos de vulnerabilidade, previsão rápida de danos 'pós-terramoto', etc.; 2) Exercícios periódicos para testar planos de emergência; 3) Formação ('Training') e 4) Controlo total das comunicações durante os períodos de emergência.

## 2.5 Formação

A preparação adequada de engenheiros e técnicos da construção é também um objectivo importante a atingir. Estes devem também ter perfeito conhecimento e consciência das consequências, muitas vezes trágicas, da fraca qualidade do projecto e da construção. Assim, recomenda-se que um nível mínimo de formação curricular em engenharia sísmica deve ser obrigatória, com eventual coordenação - uniformização entre os programas e estudos nas universidades e institutos médios e superiores. A implementação de cursos de mestrado em engenharia sísmica deve ser encorajada.

Adicionalmente, propõe-se a realização de seminários (cursos de formação/aperfeiçoamento) para: 1) futuros avaliadores (inspecção), 2) voluntários de salvamento, 3) técnicos da construção, bem como esquemas de formação continua para engenheiros, arquitectos e outros agentes da construção, especialmente na fase de introdução de novos regulamentos.

## 3. Contribuição para um programa de reabilitação considerando os aspectos sísmicos

Um programa nacional de redução da vulnerabilidade sísmica do edificado, como o proposto, constitui um desafio para as comunidades técnica e científica, para as instituições envolvidas e exige uma forte vontade política para enfrentar um grave problema de segurança dos cidadãos e bens, incluindo o património construído. Estão envolvidos esforços humanos e financeiros de certa forma avultados mas que devem ser vistos como um investimento na prevenção de danos mas também constitui uma fonte de criação de emprego e riqueza a curto e médio prazo.

Quais as possíveis contribuições externas, particularmente aquelas dependentes da Comissão Europeia, que podem ser mobilizadas? Poderemos separá-las em dois grupos, nomeadamente aquelas cujos mecanismos já existem e outras que cujos mecanismos e programas devem ser criados. Como exemplos:

- Tirar o máximo partido da investigação financiada pelo quinto programa-quadro (PQ5) (ex.: *The city of tomorrow and cultural heritage*' no, que possui dois objectivos relevantes: "**Protection, preservation and rehabilitation of Europe's cultural heritage** - *Diagnostic technologies: preservation and restoration; integration into the urban environment; etc.* **Preservation, renovation, construction, and demolition of buildings, in particular in major complexes** - *Fighting hazards and deterioration; security and safety; resource planning; management of the inner-urban environment; etc.*")
- Canalizar parte dos fundos regionais, enquanto existem, para execução de projectos demonstrativos, bem como para reabilitação de zonas degradadas e com alto risco.
- Solicitar ao Governo que inclua na sua 'Agenda Europeia', o problema do risco sísmico e que exija a sua introdução, de forma explicita, nos próximos programas-quadro; mais ainda, que proponha uma 'task-force' da Comissão para a reabilitação e reforço sísmico com fundos adequados e que possa ter uma função similar aos fundos regionais. Estamos convencidos que esta proposta encontrará um forte apoio de países como a Grécia, Itália e de outros países de risco, bem como de grande parte dos países candidatos. É também importante fazer notar que, de forma geral, a indústria Europeia beneficiará de tal programa, na medida que se espera a sua participação (mercado único e aberto).

#### 4. O Laboratório ELSA do CCI

O Laboratório ELSA (Laboratório Europeu de Avaliação Estrutural), do Centro Comum de Investigação, desenvolve desde 1992 uma intensa actividade de investigação de carácter experimental e numérico no domínio do comportamento sísmico de estruturas. Este trabalho de investigação é desenvolvido em estreita colaboração com outros organismos de investigação (universidades, laboratórios nacionais,...) pertencentes aos Estados Membros ou outros Estados com os quais existam acordos de cooperação. O laboratório ELSA dedica atenção especial às áreas de investigação na avaliação do comportamento de estruturas sujeitas à acção dos sismos. Para além da avaliação da vulnerabilidade estrutural, são também investigadas técnicas de reparação e reforço adequadas a cada tipo estrutural. A avaliação da eficiência destas técnicas é feita através da realização de ensaios Pseudo-Dinâmicos em modelos de grande escala de estruturas de edifícios, pontes, bem como partes de edifícios com valor cultural (interesse histórico e monumentos).

Estruturas de edifícios à escala real são testadas, tendo como objectivo a avaliação da sua vulnerabilidade sísmica e o estudo de técnicas de reparação/reforço apropriadas. Ainda no domínio dos edifícios são investigados os novos conceitos/métodos de projecto (exemplo: DBD).

Uma vasta campanha de ensaios foi realizada em estruturas de betão armado representativas da construção nos anos 50 (ver figura 2). Os principais objectivos desta série de ensaios são o estudo de vulnerabilidades estruturais e o desenvolvimento e validação de técnicas de reparação e reforço. As técnicas/ soluções testadas foram: técnicas selectivas de reforço de pilares; aplicação de betão projectado com armadura sobre as alvenarias; sistemas de contraventamento com dispositivos de dissipação de energia; e, técnicas baseadas na aplicação de fibras de carbono para reparação de pilares e juntas.

O laboratório ELSA, desde o início das suas actividades, realiza ensaios experimentais que servem como base para a calibração e verificação do Eurocódigo 8. Recentemente foi testada uma estrutura, de 4 pisos e à escala real, calculada segundo as novas metodologias/filosofias de cálculo de estruturas (DBD).

No domínio das pontes, e recorrendo a técnicas de substruturação, são realizados testes de avaliação da vulnerabilidade estrutural, bem como avaliação experimental da eficiência de diversas soluções e técnicas de reparação de pilares de pontes. Técnicas de substruturação não-linear serão empregues em testes sobre modelos de pilares de pontes, em grande escala, representativos das pontes construídas na Europa. São ainda testadas experimentalmente a eficiência de soluções de reforço adequadas a pilares de secção rectangular oca.

No domínio das estruturas de alvenaria e monumentos, o laboratório ELSA tem levado a cabo testes com o objectivo de avaliar a sua vulnerabilidade. Também para estas estruturas, diversas técnicas de reforço foram avaliadas (ver figura 1). Vários projectos têm sido levados a cabo no âmbito dos monumentos. Salienta-se a protecção com técnicas convencionais ou inovadoras, tais como: isolamento de base, sistemas passivos de dissipação de energia e reforço com novos materiais (fibras de carbono e vidro, SMA, geogrelhas).

Associadas ao amplo trabalho experimental desenvolvido no Laboratório ELSA são desenvolvidas ferramentas numéricas para a prévia simulação dos testes e a modelação de estruturas complexas, análise de resultados e calibração de modelos numéricos.

## 5. Nota Final

Como parte integrante da sua missão, e no enquadramento dos seus projectos institucionais definidos de acordo com os Programas-Quadro da Comissão, o laboratório ELSA dará seguramente todo apoio e a máxima contribuição ao programa proposto bem como às acções a desenvolver que se enquadrem na perspectiva de um “Plano de Acção” na União Europeia com o objectivo de promover a mitigação dos riscos sísmicos e de promover a cooperação entre serviços Nacionais de Protecção Civil e estabelecer a sua coordenação a nível internacional de forma a melhorar a sua eficácia.



*Figura 1 - Ensaios e simulação numérica de estruturas de monumentos e de partes de edifícios de alvenaria no laboratório ELSA*

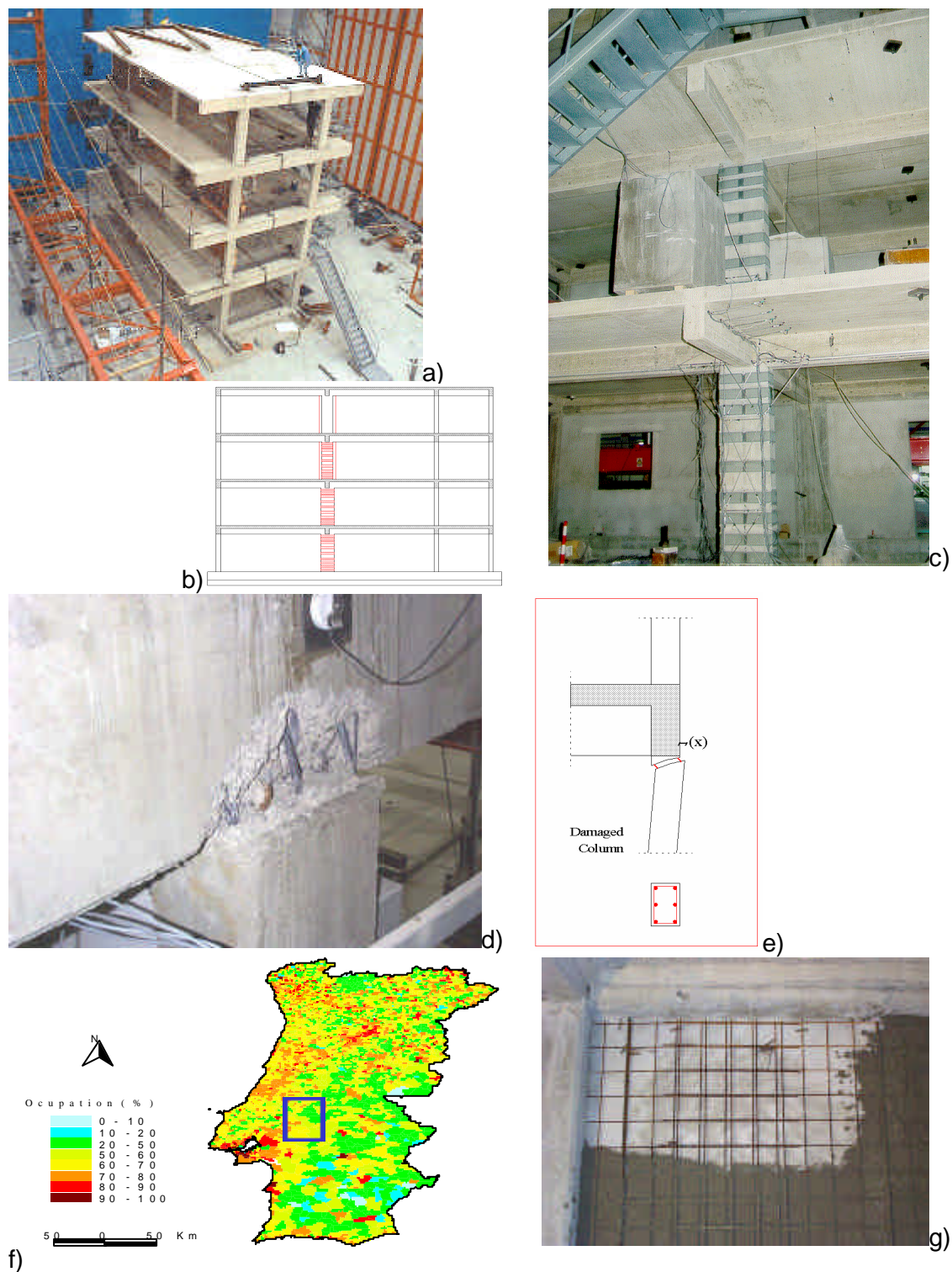


Figura 2 – Ensaio sísmico de pórticos de betão armado representativos da construção nos anos 50~60: a) vista geral, b) esquema de reforço dos pilar central, c) pilar reforçado, d) e e) danos no topo dos pilares, provocados pelos painéis de alvenaria reforçada, f) sistema de contraventamento e dissipação de energia (shear-link), g) reforço dos painéis de alvenaria betão 'projectado' e malha electro-soldada.





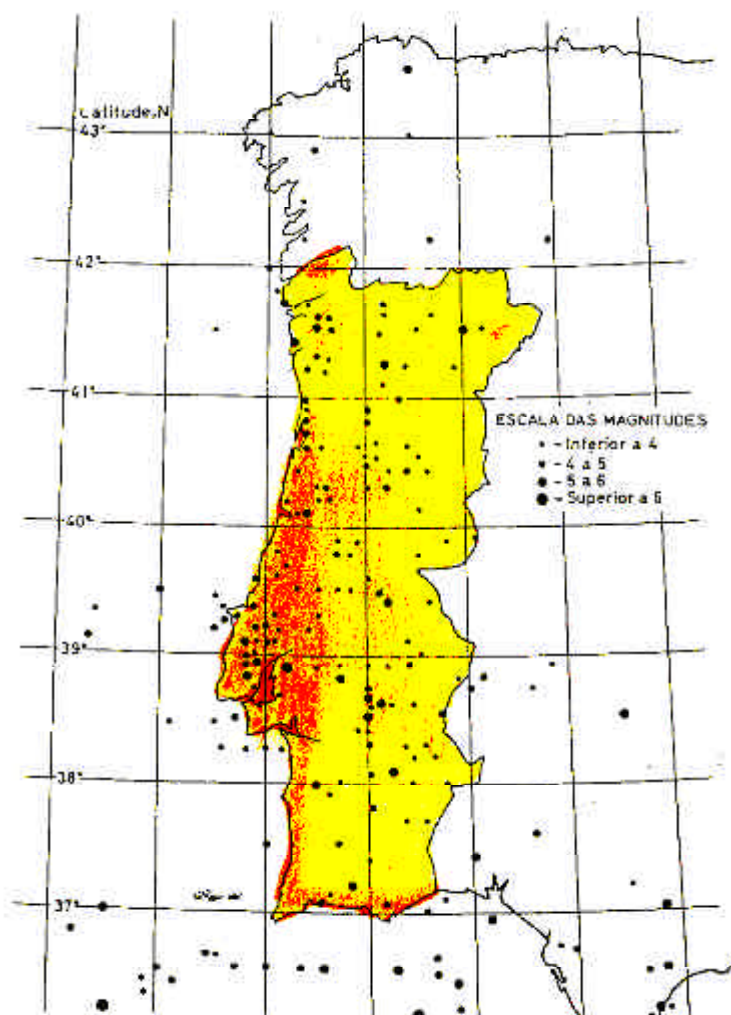
## FACTOR SÍSMICO NO CÁLCULO DO PATRIMÓNIO

A. Biosa e Gala

*É com grande preocupação que trago a este Encontro uma síntese de reflexões, vividas ao vivo, que atravessam o Planeamento Urbanístico, a Arquitectura e a engenharia Civil.*

### A VULNERABILIDADE SÍSMICA DO PATRIMÓNIO EDIFICADO

SISMOS OCORRIDOS ENTRE 9/2/1902 E 24/3/1969  
DADOS FORNECIDOS PELO SERVIÇO METEOROLÓGICO NACIONAL



**FACTOR SÍSMICO  
NO  
CÁLCULO DO PATRIMÓNIO**

**A. Biosa e Gala  
Lisboa, 3 de Abril de 2001**

Epicentros e magnitudes dos macrossismos ocorridos entre 9/7/1902 e 24/3/1969.



*Mesmo sem sismos as casas vêm constantemente abaixo. Agora, imagine-se perante um tal fenómeno*

Expresso 03/10/98 – <http://www.expresso.pt/ed1353/e221.asp>

Ainda que, com base em dados científicos se possa dizer que “somos incapazes de prever um sismo” ou que “os tremores de terra não estão ligados entre si” o certo é que somos cada vez mais surpreendidos com o aumento da actividade tectónica um pouco por todo o mundo. E Portugal tem um histórico na “Área Metropolitana de Lisboa”, Algarve e Açores, que está presente na nossa memória colectiva, quando nos chegam imagens aterradoras de outras zonas sísmicas do planeta, sendo as mais recentes as da Turquia, Grécia, Taiwan, Peru e Índia, sem esquecer a “famosa” falha de Sto. André na Califórnia e mais recentemente o sismo nos E.U.A.. Começo por lembrar a geopatologia da área metropolitana de Lisboa no tocante às falhas geológicas, muitas delas ocultas por rochas sedimentadas. São de referir as da Azambuja, Vale do Tejo e do mar da Palha. Estas falhas, quando activas, são responsáveis pelos numerosos micro-sismos muito frequentes na região da grande Lisboa e Vale do Tejo.

### **Como reduzir a Vulnerabilidade Sísmica do Património Edificado, é a razão deste Encontro.**

A iniciativa fica a dever-se à Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica a quem dirijo as minhas felicitações pela relevância e oportunidade deste “forum”.

É prioritário de facto que a comunidade científica, nos consiga trazer as reflexões necessárias na busca das soluções capazes de, em tempo útil, proteger pessoas e bens, e a qualidade do ambiente físico e psíquico onde vivemos. Traz-nos aqui, no entanto, uma preocupação acrescida:

A AVALIAÇÃO DO PATRIMÓNIO IMOBILIÁRIO. A SITUAÇÃO DE RISCO E O FACTOR SÍSMICO.

É essa a temática da presente comunicação.

1. Subjacente a este pequeno trabalho, há toda uma envolvente que traz à superfície a solidez ou a fragilidade das construções no tocante à resistência anti-sísmica das suas respectivas estruturas.

Decorre de tal facto a necessidade de fazer incidir sobre um bem imobiliário, aquilo que designamos por factor sísmico, na determinação do seu valor patrimonial.

2. Sem procurar minimizar um problema de grande complexidade como è, de facto, a componente científica da Sismologia, há que salientar os aspectos essenciais a que o engenheiro avaliador tem que estar atento:
  - O local onde se constrói
  - O tipo de materiais utilizados
  - A natureza e estado das estruturas
  - A maneira de construir.

*Como principio geral direi que uma estrutura anti-sísmica irá resistir ao movimento oscilatório originado por uma brusca libertação de energia - o sismo - se o edifício funcionar como uma só peça, oscilando como massa homogénea mas elástica. Isto é, é preciso que o princípio da homogeneidade e elasticidade funcione. Ultrapassado o limite de elasticidade dos materiais dá-se o colapso.*

3. Só depois do terramoto que destruiu Lisboa em 1755 foi promulgado, pelo Marquês de Pombal, o primeiro regulamento de construção “anti-sísmica”, único no mundo inteiro, à época.

Com o terramoto de Benavente, em 1909 despertámos finalmente para o estudo de algumas disposições construtivas no âmbito desta matéria.

Entre nós a investigação científica na área da Sismologia é hoje uma grande referência a nível nacional e internacional pela acção conjunta do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, do Instituto Superior Técnico, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e da Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica, a quem se deve esta iniciativa.

Dizer “Os engenheiros, arquitectos e construtores, desde que o queiram, têm poder para eliminar os terramotos da lista de calamidades humanas”, é uma exclamação cheia de interrogações!!!

Pode ser verdade em termos de análise matemática e científica do controlo da acção dos sismos sobre as construções, mas não o é em termos sociológicos, particularmente na afectação psicológica dos cidadãos no seu comportamento durante o sismo. Nessa área há custos de sofrimento humano enormes, com o aumento de vítimas.

4. Passamos agora a tipificar as construções segundo o grau da sua eficácia quanto à resistência aos sismos pela forma seguinte:

Tipo I – Edifícios com estrutura anti-sísmica que, em princípio, não serão muito afectados na hipótese de se verificar um sismo.

Tipo II – Edifícios fragilizados com grande probabilidade de colapso logo que haja um sismo, correndo sério risco se os elementos estruturais forem insuficientes.

Tipo III – Edifícios totalmente desprotegidos quanto às disposições construtivas, onde são de esperar grandes danos materiais logo após o sismo, determinando a ruína da construção.

5. Valores propostos para o factor sísmico (Fs)

- 5.1 O engenheiro avaliador prudente, perante a avaliação de um, edifício do Tipo I apenas o deverá desvalorizar naquela percentagem psicológica que corresponde ao facto de o edifício estar numa zona sísmica. Tem muito a ver com a ocorrência próxima ou afastada no tempo de um sismo nessa zona. Quanto mais longínquo no tempo estiver acontecido o sismo mais probabilidade haverá de ocorrer outro sismo em prazo médio. Hoje, com a informação disponível não há ninguém que fique indiferente ao fenómeno sísmico. Admitimos para este caso que a desvalorização para o edifício Tipo I varie entre 5% e 10%. Daqui resulta para o factor sísmico um valor compreendido entre 0,9 e 0,95:

$$0,9 < F_s < 0,95$$

- 5.2 Para o edifício do Tipo II, fragilizado dada a não existência de uma estrutura minimamente eficaz na resistência a um sismo, haverá que ter em conta o custo do reforço da estrutura, a partir do estado em que ele se encontra. Seria interessante fazer tal estudo a partir dum projecto que fosse representativo da zona, projecto esse que deve estar no designado “arquivo morto” que as Câmaras Municipais, ou outros organismos devem possuir com património histórico e cultural.

O custo da reabilitação sísmica pode situar-se na ordem dos 45% do valor do imóvel, o que se traduz no factor sísmico de  $F_s=0,55$ , dependente da observação concreta do edifício em causa. Esta alteração vem corrigir o texto anterior, em face de novas investigações científicas.

- 5.3 Se o imóvel é do Tipo III, sem qualquer elemento estruturante, tipologia que se identifica pela própria natureza da construção de alvenaria de pedra, “pedra sobre pedra”, também designado de construção de pedra e cal, a sua fragilidade

é total. São muito comuns as construções deste tipo feitas no período da 2ª Guerra Mundial (1939-25) não só em Lisboa como em muitas áreas rurais. A situação dos Açores é alarmante e será analisada mais adiante.

A valoração do património em tais circunstâncias não deverá ir além do valor do terreno onde se situa a construção.

## **PREVENÇÃO**

EM NOME DE UMA CULTURA DE MAIOR EXIGÊNCIA DE RESPONSABILIDADE, direi

1. O estudo Geotécnico deve constituir peça obrigatória do projecto de construção e licenciamento da obra, em áreas sísmicas que,
  - Pelo local e o histórico na zona
  - Volume de construção
  - Tipo de estrutura

Seja considerado indispensável para o estudo das fundações e consequente estabilidade cobrindo o risco sísmico. Há municípios pouco exigentes nesta matéria, como os há também pela falta da carta geológica em sede de P.D.M.

Direi ainda que o alcance dos objectivos depende da articulação entre a concepção e a execução. Daí a necessidade de uma fiscalização profissionalmente credível e à mesma escala dos valores em causa.

2. É dentro destes procedimentos que devem surgir novas estruturas profissionais vocacionadas para a certificação da qualidade na área do imobiliário. Tudo dentro de critérios de rigor.
3. A reconstrução e remodelação de casa antigas em zonas históricas de grande risco sísmico deve ser acautelada de modo a que não sejam apenas, operações de cosmética. A certificação deveria ser obrigatória.

### **Ilustres participantes**

Deveria caber aos poderes públicos subsidiar as obras de reforço dos prédios ainda com alguma capacidade de resistência anti-sísmica e aos engenheiros civis qualificados o estudo de soluções técnicas eficientes por forma a garantir a segurança dos cidadãos.

4. Deveria definir-se com toda a urgência o conceito técnico/jurídico de “situação grave e de emergência”, acabando com o espectáculo vergonhoso de prédio a ruírem, como na grande Lisboa, mesmo fora de uma situação sísmica. E os Açores!...
5. No caso dos Açores é preciso lembrar que aos sismos se podem somar os efeitos dos ciclones e das inundações e justificar medidas suplementares.
6. Ainda falando dos Açores, há muitas pessoas que se habituaram a viver com os sismos, com toda a resignação, a contarem com a sorte ou protecção divina, mas há também casos de muita imprudência, quando alguém reclama por ver indeferido o pedido de construção sobre uma falha geológica.
7. Há que reconstruir o parque habitacional dos Açores por forma faseada e eficaz no tempo, dentro das normas anti-sísmicas, com espírito de solidariedade a nível nacional. Se tal não acontecer a solução alternativa é ficar, por forma resignada, à espera de um novo sismo ou emigrar para os Estados Unidos da América.

As construções pré-fabricadas não são a solução final do problema habitacional dos Açores. Apenas aceitáveis por período transitório de curta duração.

**Por último**

*Com a actual legislação de arrendamentos, é impensável mobilizar esforços colectivos para beneficiação de edifícios que não possuem uma estrutura anti-sísmica.*

A despreocupação, em relação à vulnerabilidade sísmica, deve-se ao facto de não ter ocorrido nenhum grande sismo nos últimos anos, o que não nos impede, antes nos obriga, a considerar, com toda a urgência, a planificação de intervenções estruturais a todos os níveis.

Lisboa, 03 de Abril de 2001

## Algumas reflexões prévias à avaliação do impacto económico dos sismos

António Nogueira Leite\*

(Faculdade de Economia, Universidade Nova de Lisboa)

### 1. Introdução

A avaliação do impacto económico dos sismos não tem constituído preocupação importante entre os economistas por razões consabidas. Em primeiro lugar, porque pouco se espera que daí resulte para o avanço da ciência económica e, simultaneamente, e em consequência, porque os instrumentos para uma avaliação séria do problema já existem. Por outro lado, a análise do impacto económico dos sismos tem-se resumido à avaliação do custo dos bens de capital destruídos pelos sismos e, eventualmente, das perdas de produtos ocasionadas pela inoperacionalidade das unidades económicas após uma catástrofe.

Os economistas podem, tal como muitos outros profissionais para além dos engenheiros e dos geólogos, desempenhar um papel relevante na **tomada de medidas preventivas** relativamente a sismos, nomeadamente através dos contributos que possam oferecer à avaliação dos benefícios económicos da prevenção dos efeitos dos sismos. Na verdade, as motivações para este papel são grandes e resultam das enormes perdas geralmente associadas aos sismos de magnitude mais elevada: a evidência empírica mostra que a dimensão das perdas tem vindo a aumentar e que mesmo sismos de escala relativamente pequena tendem a provocar grandes custos.

As razões para o aumento das perdas associadas a sismos e, portanto, dos ganhos potenciais da prevenção, resultam de uma multiplicidade de factores, nomeadamente, o aumento dos quantitativos populacionais, a concentração crescente das populações e valores em áreas urbanas, a complexidade crescente e consequente vulnerabilidade das infra-estruturas e tecnologias modernas, o peso crescente da destruição de activos sujeitos a seguro, etc.

Para além do enorme sofrimento humano que causam, alguns sismos têm causado perdas económicas colossais. Como exemplo refira-se o sismo de Northridge (Califórnia) que quase não provocou perdas humanas mas que mesmo assim implicou perdas de mais de 4,5 mil milhões de contos (quase  $\frac{1}{4}$  do PIB português). As estimativas para as perdas da repetição hoje de um sismo igual ao de Tóquio de 1923 são estimadas em mais de 10 vezes o PIB português.

Acontece ainda que muitas vezes os valores apresentados constituem uma subestimação dos verdadeiros valores uma vez que se limitam à contabilização do valor das estruturas destruídas. A estes custos há, no mínimo, que acrescentar as perdas relativas à cessação ou redução da actividade económica que ocorre na sequência dos sismos de magnitude elevada. No caso português esses custos serão sempre muito elevados caso

---

\* Professor Catedrático

ocorra na região de Lisboa um sismo de magnitude idêntica aos maiores já aqui registados no passado, dada a concentração de população e actividade económica<sup>5</sup>.

## 2. Gestão do risco

A questão importante não é a da quantificação *ex post* do impacto económico de um sismo, mas antes a **avaliação *ex ante* do benefício líquido da precaução**, isto é, da diferença entre os custos evitados pela tomada de medidas preventivas e os custos de concretização dessas medidas. Há assim que encontrar uma política de gestão integrada dos riscos envolvidos que terá de comportar necessariamente três etapas: (i) a determinação do risco envolvido, (ii) a prevenção do risco e (iii) o financiamento dos riscos.

A **determinação do risco** envolve duas componentes. Em primeiro lugar, a determinação da probabilidade de ocorrência, tarefa extremamente difícil uma vez que a escassez de observações torna impossível o conhecimento da distribuição de eventos. Em segundo lugar, há que proceder à determinação do risco em resultado da combinação da probabilidade de ocorrência com os valores em risco e correspondente vulnerabilidade. Implica necessariamente a inventariação dos edifícios e de outros valores expostos ao risco e a distinção e consequente análise tanto dos impactos directos como indirectos.

A **prevenção do risco** envolve três tipos de medidas. Primeiro, as chamadas medidas de sensibilização e preparação que implicam essencialmente a criação de um clima de consciencialização que possibilite a tomada de medidas adequadas e se criem condições para eventuais medidas preventivas por parte dos poderes públicos. Em segundo lugar, há que destacar as políticas que só as autoridades públicas podem desempenhar e que passam por medidas administrativas quanto aos usos dos solos, aos códigos de construção (elaboração, aplicação e supervisão) e aos planos de resposta em caso de concretização do evento. Já as medidas “técnicas” envolvem sobretudo os aperfeiçoamentos das técnicas de construção e a compreensão dos impactos sobre toda a “infra-estrutura de desenvolvimento”.

No que respeita ao **financiamento do risco**, há que destacar que se trata essencialmente da disponibilização de fundos para reconstrução e desenvolvimento das áreas afectadas, sendo que o **montante de fundos necessários é, em larga medida, função da eficácia das medidas de prevenção**.

Deverá ser partilhado por todas as partes (potencialmente) afectadas: sector privado, autoridades públicas (nacionais e comunitárias) e seguradoras, podendo esta desempenhar um papel crucial no “financiamento dos risco”.

As companhias de seguros poderão ter um papel essencial na reconstrução e também por via do estabelecimento de incentivos adequados à prevenção, por exemplo, ligando a actividade de seguro à realização de medidas de prevenção (*loss mitigation insurance*). Note-se, no entanto, que este papel só será relevante se o acesso a seguros for generalizado. Implica, assim, uma intervenção e monitorização das entidades públicas quanto à política tarifária das seguradoras e à tomada de medidas por forma a limitar o risco do sector a níveis aceitáveis.

## 3. Conclusões

Os custos económicos associados aos sismos têm assumido dimensões crescentemente relevantes. No entanto, mais importante do que contabilizar os impactos de um sismo

---

<sup>5</sup> A título de mera referência note-se que uma perda de output de 3 meses na região de Lisboa corresponderá a cerca de 2 000 milhões de contos.



particular (directos e indirectos na generalidade do tecido económico) há que envidar esforços na tomada de medidas que mitiguem os impactos económicos no caso de uma possível ocorrência.

**O esforço de prevenção deverá envolver muitos mais agentes do que os tradicionalmente associados à actividade de construção** quer de edifícios residenciais, quer de obras públicas quer de infra-estruturas industriais ou de serviços. Os poderes públicos desempenham aqui um papel fundamental dada a sua possível actuação em várias vertentes: mentalidade de prevenção, fiscalização e monitorização da aplicação das normas preventivas, supervisão da actividade seguradora. Para além do Estado, também entidades particulares, nomeadamente as empresas de seguro e resseguro poderão e deverão assumir um papel insubstituível na prevenção e, caso ocorram os eventos cujos efeitos se pretendem mitigar, no financiamento da reconstrução.



## A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE NA RESISTÊNCIA SÍSMICA DAS CONSTRUÇÕES

Mário Lopes<sup>\*</sup>

(DECivil, Instituto Superior Técnico)

### 1. Introdução

Este artigo constitui uma reflexão sobre a influência da qualidade de projecto e construção na resistência sísmica das construções. Para este efeito analisa-se a situação em termos genéricos, com o intuito de demonstrar a importância crucial da qualidade no futuro desempenho sísmico das construções, e analisa-se a situação concreta em Portugal. Fazem-se diversas sugestões no sentido de melhorar a situação existente, discutindo-se vantagens, inconvenientes e limitações das sugestões apresentadas.

### 2. A importância da qualidade de projecto e construção

A existência de regulamentação anti-sísmica (responsabilidade política e técnica) de pouco serve se não for devidamente aplicada no projecto (responsabilidade técnica). Por sua vez um bom projecto também não garante um bom desempenho sísmico da respectiva construção se não for devidamente executado (responsabilidade técnica). Em termos práticos, para garantir o bom desempenho sísmico de uma construção, face a um cenário regulamentar prefixado, é necessário que se garanta a qualidade tanto do projecto como da construção. Daqui se conclui que a existência de regulamentação anti-sísmica adequada num dado país por si só não garante a protecção de pessoas e bens face à ocorrência de sismos.

Embora o que se afirmou seja senso comum no meio técnico da engenharia civil, não corresponde à percepção do público em geral. De qualquer forma a experiência de sismos passados mostra claramente que a qualidade de construção condiciona completamente o desempenho sísmico. O sismo da Turquia, de Agosto de 1999, demonstrou à sociedade o que se afirma, de forma por vezes dramática. A imensa maioria dos edifícios da zona afectada eram recentes, em betão armado e com cálculo sísmico. Aí puderam observar-se situações de ruas com prédios aparentemente iguais em que os de um lado resistiram quase sem danos e os do outro lado da rua colapsaram. A diferença de desempenho era unanimemente atribuída à diferença da qualidade de construção.

Também é possível demonstrar o que se afirma com exemplos simples. Imagine-se um edifício bem projectado mas em que as armaduras dos pilares quase não entram nas sapatas de fundação, em vez de serem bem amarradas no interior destas. Em geral isto não afecta o funcionamento da estrutura antes do sismo. Durante o sismo as armaduras são arrancadas das fundações provocando o colapso imediato e total do edifício. Nestas condições o edifício pode aparentar excelentes condições durante décadas, ser alvo de obras de conservação periódicas, que isso não o impede de se desfazer quando ocorrer um sismo violento. Outros defeitos de pormenorização ou construção deste tipo, motivados por ignorância, desleixo, pressa, desonestidade, etc., podem ter efeitos semelhantes. A qualidade dos materiais, em particular do betão no que se refere às construções novas, se

---

<sup>\*</sup> Professor Auxiliar, DECivil, Instituto Superior Técnico, tel: 218418212, email: mlopes@civil.ist.utl.pt

não for devidamente controlada pode na realidade ser muito inferior ao especificado no projecto, com o mesmo tipo de consequências. Por outro lado, se um técnico projectista cometer um erro de concepção ou cálculo, também por ignorância, desleixo, desonestidade ou pressão para concluir o projecto em tempo não compatível, graves consequências poderão advir, incluindo também o colapso do edifício.

### 3. Avaliação da situação em Portugal

Em Portugal não há mecanismos oficiais de controle da qualidade de projectos e obras no que diz respeito à segurança estrutural. A fiscalização, quando existe, é geralmente por iniciativa do dono de obra. Embora formalmente o controle da qualidade da construção seja um dos objectivos, em muitos casos a ênfase da actividade da fiscalização é a verificação das quantidades de materiais aplicadas em obra de forma a controlar os custos e o progresso da mesma. A fiscalização do projecto e da obra com o objectivo real de assegurar a segurança estrutural existe essencialmente em algumas das grandes obras públicas ou obras de certas empresas mais conscientes da potencial gravidade do problema, ou com uma cultura de garantia e certificação de qualidade.

Em geral as Câmaras Municipais não fiscalizam e aprovam os projectos de estruturas de edifícios. Salvo raras excepções, apenas verificam se integram o projecto global em conjunto com os projectos de outras especialidades. Para além da relação entre a existência de fiscalização e a qualidade dos projectos, que se discute posteriormente, esta situação faz com que a entrega dos projectos de estruturas nas Câmaras possa ser encarada apenas como uma questão meramente administrativa sem qualquer relevância do ponto de vista técnico. Desta forma uma formalidade burocrática pode originar prejuízos económicos, por exemplo, em situações em que esperar pela conclusão do projecto de execução da estrutura para obter a licença para avançar com a obra atrase o início desta. Para contornar este problema por vezes entregava-se nas Câmaras um projecto de estrutura diferente daquele que viria a ser executado. Era o chamado projecto de licenciamento, que por vezes não passava da adaptação sem cálculo de um projecto anterior similar. O projecto verdadeiro era feito à posteriori e podia nem chegar a ser entregue à autarquia. Apesar de hoje em dia esta prática ser provavelmente menos utilizada do que já foi no passado, as consequências permanecem, ou seja, para muitas construções não há um registo oficial fidedigno da estrutura que foi realmente construída.

A quase inexistência de fiscalização camarária dos projectos de estruturas remonta à década de 60 em que a obrigação legal das Câmaras Municipais de aprovar os projectos de estruturas foi substituída por uma declaração do projectista da estrutura que assume a responsabilidade pelo projecto e assegura que este está de acordo com a legislação em vigor. A razão para esta alteração deveu-se a ineficiência da fiscalização camarária que era essencialmente um entrave burocrático à aprovação de projectos e não cumpria os seus objectivos. Assumiu-se assim abertamente a situação real de inexistência de mecanismos oficiais efectivos de controle da execução de projectos de estruturas, situação que ainda se mantém. Relativamente às obras, a fiscalização camarária incide essencialmente sobre as questões de arquitectura e apenas de forma marginal sobre as questões de segurança estrutural. Na realidade não há fiscalização efectiva e sistemática da qualidade de execução das estruturas resistentes dos edifícios.

Na ausência de controle, a qualidade final da estrutura de uma construção depende fortemente da competência e motivação dos intervenientes no processo construtivo: promotor imobiliário, projectista, empreiteiro geral e subempreiteiros. Estes podem ser sempre tentados a poupar nos custos sacrificando a resistência sísmica das construções. Com efeito isso é bastante fácil: basta não efectuar o cálculo sísmico, reduzindo fortemente o trabalho de projecto e poupando nos acréscimos de materiais que seriam necessários para assegurar a resistência sísmica. Como os sismos ocorrem muito raramente, a falta de

resistência sísmica das construções não é detectada após a construção, o que em conjunto com a falta de controle gera uma situação de impunidade. Esta situação é muito difícil de contrariar devido à falsa sensação de segurança que o Estado transmite aos cidadãos. Esta falsa percepção deriva da existência de legislação que considera o cálculo sísmico e que os cidadãos assumem que é cumprida, pois omite-se a inexistência de mecanismos que assegurem esse cumprimento.

Esta situação pode ser exemplificada da seguinte forma: dois promotores imobiliários constroem em dois terrenos adjacentes dois edifícios aparentemente iguais e vendem os respectivos andares ao público. Um, que se preocupou em garantir a resistência sísmica da construção, vende os andares por 31 mil contos. O segundo, poupou no projecto e nos materiais e não fiscalizou a qualidade de construção, construindo um edifício igual na aparência mas com muito pouca resistência sísmica, vendendo os andares por 30 mil contos. Perante esta escolha qual é opção do cidadão comum em Portugal? Como não está preocupado com a segurança da construção que vai comprar, que pensa estar garantida pelo Estado, naturalmente compra o andar mais barato. Perante isto, a tendência será o primeiro promotor passar a construir aquilo que o mercado compra, ou seja, construções com pouca resistência sísmica. Por que razão reduziria ele a sua margem de lucro para pagar pela resistência sísmica dos andares que vende, se os principais interessados, as pessoas que os compram, não o fazem?

É no entanto importante referir que os custos da segurança das construções são reduzidos em comparação com outros factores que influenciam o custo das construções. Tome-se como exemplo o custo do projecto da estrutura, um elemento fundamental (mas não suficiente) para assegurar a resistência de uma construção. Um projecto da estrutura de um edifício de habitação, correctamente executado por um projectista competente pode custar, por exemplo, 1% do custo da construção. Admita-se que um projectista menos escrupuloso ou incompetente, que não faz um cálculo sísmico adequado, executa o projecto por 0,5%. Se se pensar apenas no projecto, a diferença do 2º caso para o 1º é de 100%. Na situação actualmente existente em Portugal, de total impunidade e ausência de controle, não é difícil prever o que ocorre na maioria das situações deste tipo. De qualquer forma chama-se a atenção para o facto de uma diferença enorme num factor que pode influenciar significativamente a segurança de uma construção, reflectir-se de uma forma irrisória no seu custo total. No final, mesmo considerando todos os factores desde o projecto até à execução e garantia de qualidade, o acréscimo de custo de uma habitação segura em relação a outra semelhante sem segurança adequada pode não ultrapassar 2 ou 3% do custo total. Ou seja, nas construções novas a garantia de segurança é barata.

Em consequência da situação descrita a qualidade de construção em Portugal é actualmente bastante variável, sendo difícil estimar com rigor a proporção entre os edifícios com boa resistência sísmica e os de má qualidade. Mas o facto de ser lucrativo construir mal, em conjunto com a garantia de impunidade, estimula a má construção. Obviamente este problema também existe nas construções antigas, nas quais o problema da falta de resistência sísmica é mais grave devido à inexistência de regulamentação anti-sísmica à data da sua construção.

#### **4. Análise do problema**

Para alterar significativamente a situação descrita é necessário atacar as suas causas mais profundas e não apenas os seus sintomas mais visíveis. O problema não é apenas a possível corrupção, negligência ou ignorância dos intervenientes no processo construtivo. Em todas as profissões e grupos sociais existem pessoas honestas e desonestas, competentes e incompetentes. O problema reside no facto de a envolvente externa à sua actividade criar um ambiente que resulta na penalização da honestidade e da competência recompensando a desonestidade e a incompetência. Conclui-se assim que o problema de

fundo é um problema cultural da sociedade portuguesa com várias vertentes: (i) a ignorância generalizada sobre o fenómeno sísmico e as suas características de recorrência, (ii) a falta de uma cultura de organização e rigor e (iii) a falta de uma cultura de segurança. Desde as obras mais pequenas até aos grandes empreendimentos do Estado, a segurança, em particular no que se refere aos sismos, é muitas vezes sacrificada por questões económicas, funcionais, estéticas ou para cumprir prazos apertados. Só se pensa nos problemas de segurança depois dos desastres acontecerem, sendo a prevenção desprezada. No caso dos sismos estes factores são agravados pelo facto de o último grande sismo a provocar destruição em larga escala ter ocorrido há mais de dois séculos, que é um período muito superior à memória das populações. Esta dura cerca de quatro ou cinco décadas, até ao desaparecimento da geração que sentiu e não esqueceu o último sismo.

É assim extremamente importante, se se quiser tomar medidas práticas que conduzam à melhoria da qualidade de construção, alterar a situação actual recompensando a construção de edifícios seguros e penalizando a má construção. Para que este objectivo seja atingido tem de corresponder a uma exigência dos consumidores, que no caso dos edifícios são a população e as empresas, ou seja, toda a sociedade portuguesa. No entanto, actualmente, isso não é possível porque nem a população nem as autoridades têm a percepção dos riscos que correm. Para que os portugueses sejam exigentes neste domínio têm de (i) conhecer a existência do problema sísmico e suas potenciais consequências, e (ii) saber que essas consequências podem ser drasticamente reduzidas com os conhecimentos técnicos actuais. Note-se que os sismos são fenómenos naturais incontroláveis mas que quase não provocam vítimas, o que mata e é destruído são as construções sem resistência sísmica edificadas pelo Homem. Por isso, as consequências dos sismos dependem muito fortemente da resistência sísmica das construções na zona afectada. Ou seja, apesar de os sismos serem fenómenos naturais, as suas consequências são fenómenos artificiais. A reacção que o cidadão comum tem quando confrontado com o problema sísmico, de que “não podemos fazer nada”, é totalmente errada e deriva da falta de informação. Além disso, a inexistência de sismos recentes e o desconhecimento de que sismos de grande potencial destrutivo ocorrerão no futuro em Portugal, faz com que inconscientemente a maioria das pessoas que pensa no assunto ache que é problema que só acontece aos outros, na Turquia, na Índia, em El Salvador, etc.. É assim fundamental trazer a discussão destes problemas para o domínio público.

Um argumento que por vezes se invoca para não trazer a discussão do problema sísmico para o domínio público é a possibilidade de as pessoas poderem ficar preocupadas ou mesmo de entrarem em pânico. É natural que ao se tomar conhecimento da gravidade e dimensão do problema sísmico se fique preocupado. No entanto é positivo que assim seja, porque é essa preocupação que vai conduzir a um grau de exigência superior da opinião pública relativamente à resistência sísmica das construções. Não informar as populações para não as preocupar seria como não ensinar uma criança a olhar para o lado antes de atravessar uma rua, para que a criança não se preocupasse com a possibilidade de ser atropelada. E os receios de lançar o pânico também são excessivos. Há zonas do mundo em que podem ocorrer sismos mais fortes e com maior potencial destruidor do que em Portugal, como por exemplo na Califórnia e no Japão e nessas zonas do mundo as populações estão bem informadas e não entram em pânico por causa disso. O problema é analisado com serenidade e de forma racional, tomando-se as precauções necessárias para minimizar as consequências dos futuros sismos. Porque razão os portugueses não serão capazes de fazer o mesmo? Este argumento é um atestado de menoridade ao povo português. Sabendo que as principais consequências dos sismos podem ser evitadas, será que a possibilidade de algumas pessoas entrarem em pânico no dia em que tomarem consciência do problema pode justificar que este seja ignorado, deixando que um futuro sismo mate dezenas de milhar de pessoas e arruine a nossa economia? Nesta questão o papel da Comunicação Social e a forma como esta tratar a questão são muito importantes.

Um tratamento sensacionalista para conquistar audiências pode ter consequências negativas. Ignorar o problema contribuirá para que fique tudo na mesma. Um tratamento sereno, responsável e continuado do problema pode no entanto contribuir muito para que a população passe a estar devidamente informada, conduzindo ao efeito pretendido. Como ressalta da discussão anterior o problema sísmico só pode ser enfrentado através de um grande esforço colectivo de toda a sociedade portuguesa, e é muito importante que a Comunicação Social contribua com a sua quota parte e aja com responsabilidade pondo o dever cívico acima do lucro imediato. Obviamente no domínio da informação à população também o Governo tem grandes obrigações, pois alertar e informar permanentemente a população é uma tarefa indispensável para assegurar a resistência sísmica das construções, que é uma área em que o Governo tem responsabilidades.

## 5. Sugestão de novos procedimentos

Naturalmente as responsabilidades do Governo não se esgotam no domínio da informação, estendendo-se também à vigilância e controle da qualidade de construção. Além disso, a preocupação com o problema sísmico por parte da população criará nesta um grau de exigência maior no que diz respeito à segurança estrutural, mas só por si não resolve os problemas. É também necessário que o Governo, em conjunto com outros agentes económicos e sociais, tente criar os mecanismos que permitam que essas preocupações tenham reflexos práticos na qualidade de construção, o que não é tarefa fácil. Neste sentido considera-se importante que se penalize a construção com menos segurança e se recompense a construção de edifícios com altos níveis de resistência sísmica. Apresentam-se e discutem-se algumas ideias nesse sentido:

- Uma das vias possíveis para alcançar este objectivo seria disponibilizar aos cidadãos um indicador da qualidade das construções ou do seu nível de risco. Nestas condições as próprias forças de mercado funcionariam a favor das construções mais seguras às quais seria atribuído valor de mercado superior. Uma das vias para atingir este objectivo poderia ser através dos seguros. Se nos seguros com cobertura de fenómenos sísmicos o prémio fosse proporcional ao risco coberto, então o próprio prémio a pagar serviria de indicador. Embora seja difícil avaliar com rigor este tipo de risco, os prémios actualmente praticados pelas Seguradoras são pouco diferenciados e não reflectem a grande variabilidade dos riscos cobertos. Seria útil se se dessem passos nesse sentido, por exemplo implementando a tabela do estudo promovido pela Associação Portuguesa de Seguradores sobre este mesmo assunto e que já estabelece variações de 1 para 20 entre os edifícios com maiores e menores níveis de segurança sísmica [1]. Essa tabela poderia ainda ser mais detalhada e considerar (i) descontos para edifícios em que exista controle de qualidade por entidades idóneas, certificadas e independentes dos intervenientes no processo construtivo cuja actividade fiscalizam, (ii) descontos para edifícios que sejam alvo de obras de reforço da sua resistência sísmica, em particular aqueles que não foram originalmente calculados para resistir a sismos. Os contratos devem ser tais que os Segurados não tenham de se envolver em batalhas judiciais para receber as suas indemnizações e que quaisquer questões de responsabilidade sobre a causa dos danos sejam resolvidas directamente entre as Seguradoras e os presumíveis responsáveis por esses danos. Esta pode ser uma via que conduza a uma maior responsabilização dos intervenientes, em particular se existir uma entidade única a fiscalizar todo o processo construtivo do princípio ao fim. Tem também a vantagem de ser um sistema que se mantém a si próprio, pois baseia-se no funcionamento do mercado, sendo o papel do Estado essencialmente de fiscalizador do bom funcionamento do mercado. Por depender das forças de mercado tem a desvantagem de depender dos interesses dos intervenientes, que

interessa fazer coincidir com os interesses públicos, o que pode não ser fácil de conseguir.

- A fiscalização directa por parte de agentes da Administração Pública, ou por empresas ao seu serviço, também pode eventualmente contribuir para a melhoria da qualidade de projecto e construção. No entanto a experiência do passado mostra que esta via não produziu os resultados desejados. Tal deveu-se provavelmente ao facto de os agentes da fiscalização autárquica nunca terem sentido que poderiam ser responsabilizados pelas consequências caso não exercessem devidamente as suas funções. Como os sismos ocorrem com grandes espaçamentos temporais os intervenientes podem pensar que quando o próximo sismo ocorrer já se terá esgotado o seu prazo de responsabilidade. É assim importante pensar em formas de responsabilização da própria fiscalização. Um certo grau de atenção da opinião pública a estas questões acabará por ter uma influência positiva neste domínio. Ainda no âmbito de uma acção de fiscalização directa pela Administração Pública pode valer a pena estudar-se a hipótese de fazer não uma fiscalização sistemática de todos os projectos, mas efectuar uma fiscalização por amostragem de um número menor de projectos, por exemplo 5% ou 10% do total. Desta forma será necessário muito menos pessoal, sendo portanto mais fácil contratar pessoal qualificado para o fazer, melhorando a qualidade dessa fiscalização e poupando recursos. E se o número de projectos fiscalizados for como o proposto provavelmente qualquer projectista acabaria por ser fiscalizado cedo ou tarde, o que certamente teria um efeito dissuasor em relação a tentações de efectuar poupanças à custa do cálculo sísmico.
- Cada edifício deverá ter um registo fiável em que se archive o projecto de execução da estrutura, todas as alterações que este sofra durante a obra e todas as alterações efectuadas já em utilização. O dono de obra deverá estar permanentemente de posse de um registo actualizado e fornecer uma cópia à autarquia respectiva. Isto evitaria a situação actual em que é impossível conhecer as características reais de muitas estruturas, o que inviabiliza, por exemplo, uma análise detalhada da seu potencial desempenho sísmico e aumenta a incerteza sobre a necessidade e eficiência de hipotéticas medidas de reforço que se poderiam querer adoptar.

As diferentes vias propostas pretendem ser apenas ideias para lançar o debate público sobre como melhorar a qualidade de construção (incluindo obras de reforço), não sendo incompatíveis umas com as outras. Poderão eventualmente até ser aplicadas cumulativamente.

## 6. Sumário e conclusões

Apresentou-se uma discussão sobre o problema da qualidade de projecto e construção, no contexto do seu desempenho face aos sismos, certamente muito incompleta, com o objectivo de chamar a atenção para a importância desta questão e de fomentar o debate sobre como melhorar a qualidade da construção. Referiu-se que, na vertente da segurança estrutural, em Portugal não há mecanismos oficiais de controle de projectos e obras. Demonstrou-se que sem controle de qualidade, esta pode na realidade ser muito variável, o que na prática significa que os edifícios podem ter resistência sísmica muito inferior à que deveriam ter de acordo com a regulamentação existente. Embora seja difícil avaliar as proporções do problema, referiu-se que o facto de ser lucrativo reduzir a resistência sísmica das construções, a par da impunidade devida à falta de controle e à ocorrência dos sismos ser muito espaçada no tempo, estimula a má qualidade de construção. Demonstrou-se que uma condição necessária embora não suficiente para criar mecanismos de controle eficazes é a consciencialização do público em relação a estas questões, pelo que interessa trazer o debate para a praça pública. Sugeriram-se três ideias para contribuir para o debate sobre



---

controle da qualidade de projectos e obras, com vista a melhorar a garantia da segurança das estruturas de edifícios face aos sismos.

### **Referências**

- [1] - Oliveira, C.S., Campos-Costa, A. e Sousa, M.L., "Estimativa dos Danos Causados por Sismos no Parque Habitacional do Continente Português – Contribuição para a Definição de uma Política de Seguros", Associação Portuguesa de Seguradores, 1997



## O MEGASISMO DE LISBOA NO SÉCULO XXI OU VULNERABILIDADE SÍSMICA DO PARQUE EDIFICADO DE LISBOA

João Appleton\*

### 1. Preâmbulo – o edificado de Lisboa

A sismicidade de todo o território nacional, sustentada no conhecimento da sua história e nos diferentes registos de ocorrências, pelo menos desde o século XVIII, quando em 1 de Novembro de 1755 a cidade e o País acordaram com a destruição produzida pela maior catástrofe natural alguma vez observada em Portugal, tem constituído preocupação de técnicos ligados à engenharia de estruturas, à sismologia e à engenharia sísmica, mas também de todos os que ligados à protecção civil tentam adivinhar as consequências de um sismo de grande intensidade numa cidade como Lisboa.

Apesar desta preocupação ser assumida por um número crescente de técnicos e cientistas, não é nada evidente que exista a consciência política do que pode o cenário seguinte a tal catástrofe e é certo que a opinião pública, que traduz o pensamento das populações, não se encontra minimamente condicionada por uma tal ideia, naturalmente porque, com excepção do Arquipélago dos Açores, o território nacional há muito não sofre qualquer devastação provocada por sismos, ao contrário do que sucede, cada vez com mais frequência com as alterações climáticas, os Invernos chuvosos e os Verões secos que directa e indirectamente vão ceifando vidas e destruindo economias.

Lisboa foi, de facto, uma cidade historicamente fustigada por sismos, com relevo para o século XVI e para o século XVIII; embora se possa hoje admitir que o terramoto de 1531 foi quase tão arrasador para a capital como o veio a ser o de 1755, a verdade é que deste existe, pela primeira vez, um registo exaustivo das consequências da catástrofe nas populações e nas suas habitações que o despotismo iluminado do Marquês tornou obrigatório, servindo de base a uma nova forma de olhar a cidade.

É interessante verificar como a brutalidade do impacto do sismo na cidade (e no País, pelo menos a Sul) impôs o respeito na aplicação de novos regulamentos de urbanismo e de construção que inevitavelmente se definiram, pese embora a falta que ainda se sente de documentação escrita que suporte esta tese; o medo de todos aqueles que sobreviveram ao desastre não tornava necessários outros argumentos mas, se for passada em revista a história posterior do urbanismo e da construção alfacinhas, verificar-se-á como essa memória se vai diluindo, o medo passando e, à medida que tal sucede, os edifícios aumentam em altura, as paredes diminuem de espessura e a qualidade construtiva vai sendo adaptada às exigências e necessidades dos novos tempos.

O sismo de Setúbal de Novembro de 1858 não foi suficiente para ajudar a recuperar o que se estava perdendo, talvez porque, embora violento, não teve consequências desastrosas, talvez porque a cidade era já em boa parte a Lisboa Pombalina exemplarmente construída, das fundações à cobertura; não surpreende, por isso, que se venha a assistir a uma progressiva degradação da qualidade da construção na cidade e, quando se atinge o período áureo da nova cidade de Ressano Garcia que agora se expande a Norte, a especulação fundiária e o ritmo “vertiginoso” das construções traz à cidade construtores impreparados e ambiciosos, desconhecedores das exigências

---

\* Engº Civil

tradicionalmente impostas e que vêm a desenvolver técnicas construtivas muito mais expeditas que permitem uma execução muito mais rápida e económica, mas também muito mais pobre e insegura, a ponto de diversos edifícios se desmoronarem durante a construção.

Com a chegada do betão, considerado “o material estrutural” de eleição, destinado à eternidade abandona-se primeiro a madeira, substituindo vigamentos assoalhados leves por lajes de betão armado muito mais pesadas e depois substituem-se as tradicionais paredes resistentes de alvenaria de pedra e de tijolo por estruturas porticadas de betão armado, constituídas por pilares e vigas deste material formando reticulados mais ou menos regulares. Esta transição, traduzida pela experimentação e abandono de diversas soluções, dá-se durante uns escassos trinta anos, nascendo os anos 50 para o absoluto domínio do betão armado.

Este novo material estrutural, de grande potencial e muito mais exigente no que se refere ao conhecimento científico do que as velhas madeiras e alvenarias, virá a ser objecto de estudos teóricos e experimentais de grande desenvolvimento e apoiará e será apoiado por igual desenvolvimento dos procedimentos de análise estrutural e por novas filosofias que passam a dominar o dimensionamento e a verificação da segurança das estruturas.

Os anos de 1970 assistem assim, pode dizer-se, ao moderno betão armado e às estruturas que, quase sem competição, fazem os edifícios e todas as construções do País, pontes, barragens, depósitos, silos, etc., e a nova regulamentação técnica que se vai desenvolver e publicar dá o suporte a novas estruturas que, parecendo similares às da primeira fase do betão, são agora informadas por novos critérios e conceitos que irão ainda evoluir a partir dos finais de 80 quando se introduzem novas preocupações com a durabilidade do material, entretanto desmitificado.

Isto significa que, numa cidade antiga que vem crescendo desde sempre, coexistem ainda diversas épocas e tipologias estruturais e construtivas; as épocas mais remotas foram vendo diminuir sistematicamente os seus representantes, destruídos muito por catástrofes menores ou maiores, e pelo homem que vê modernidade no que é só destruição ou que, por inacção e desleixo, conduz ao abandono e à ruína do edificado. É assim natural que haja muito pouca cidade edificada anterior ao século XVIII, na sua maior parte constituída por edifícios muito alterados e diversas vezes intervencionados, uns de carácter erudito e monumental, outros populares integrados em alguns dos bairros históricos da cidade, no Castelo e em Alfama, Mouraria ou Bairro Alto, por exemplo.

Já o século XVIII, sobretudo o que se convencionou chamar a cidade pombalina, está ainda representado por numerosos edifícios civis e religiosos, de habitação e outros, com particular destaque para a cidade baixa com as suas ruas ortogonais repletas de edifícios profundamente modificados, prejudicados na sua pureza construtiva, talvez comprometidos na sua segurança, pelos cortes estruturais nos pisos baixos e pelo aumento banalizado do número de pisos, viabilizados pela paz sísmica do século XIX.

Apesar da progressiva substituição dos edifícios depreciativamente designados por “gaioleiros”, pela ruína de alguns e pela especulação imobiliária que atingiu muitos outros, a cidade “nova” de Ressano Garcia está ainda povoada de um grande número de edifícios que, sendo de alvenaria e madeira já nada têm a ver com a construção pombalina, constituindo bandas e quarteirões das Avenidas Novas, do Bairro Camões, de Campo de Ourique, etc. Com excepções, os edifícios desta época apresentam degradações importantes, com origem na sua própria construção, na falta de operações eficazes de conservação e em alterações desajustadas.

Numa primeira fase de transição, o betão armado veio ajustar-se a projectos idênticos aos que antes se desenvolviam com estruturas tradicionais de alvenaria e madeira, e deu origem a soluções específicas construídas entre os finais dos anos 40 e meados de 50,

recorrendo-se a lajes finas de betão apoiadas em paredes de alvenaria de tijolo, esporadicamente reforçadas com pilares e vigas de betão, nomeadamente em fachadas e nos pisos comerciais muitas vezes a ocupar os pisos térreos; estas estruturas abundam, por exemplo em toda a zona centrada na Avenida de Roma, da zona Nascente das Avenidas Novas até à Avenida do Aeroporto, do Areeiro à Avenida do Brasil, ou seja, na expansão definida por força do dinamismo de outro “iluminado”, o Ministro-Presidente Duarte Pacheco.

Trata-se, por força da ambiguidade estrutural que caracteriza estes edifícios, de um parque habitacional cujo comportamento sísmico coloca legítimas interrogações, até porque a sua relativa modernidade justifica a ausência de estudos destinados a prever esse comportamento e a adoptar medidas de reforço, pois a cidade tem todo o outro parque edificado degradado, à espera de intervenção urgente, para fazer face não a um cataclismo mas simplesmente às inclemências do clima.

As estruturas de betão armado vão evoluindo, como já se referiu, a partir destes edifícios de transição, beneficiando de um ensino quase exclusivamente dedicado a este material estrutural e de uma prática cada vez mais monopolista, com os engenheiros projectistas e construtores a esquecerem o aço, as alvenarias e as madeiras que, na prática desaparecem do mercado, não constituindo oferta significativa.

Essas estruturas são a base de quase todos os edifícios construídos nos últimos 40 anos, numa cidade em que se multiplicam os imóveis não habitacionais antes quase ignorados e as soluções técnicas multiplicam-se, das lajes vigadas que dominam o mercado até aos anos 80, até às lajes fungiformes aligeiradas que são moda nos anos 80 e às lajes fungiformes maciças que se vulgarizam nos anos 90, das estruturas porticadas com vigas e pilares e laminares com paredes que recebem as lajes.

Naturalmente que, em cada época, atravessando as modas e as novidades, vão coexistindo diversas soluções e técnicas, muitas vezes condicionadas pela tradição e experiência de cada projectista ou construtor, pelo que não deve esperar-se encontrar compartimentos estanques e classificações rígidas, antes se confundindo no tempo e no espaço construções pré-pombalinas e pombalinas, estas com os gaioleiros, os quais coexistem com as primeiras aplicações do betão e, a partir daí, estas estruturas evoluem ao sabor do tempo e dos profissionais que as concebem, projectam e constróem.

De forma necessariamente sumária tentou-se uma tipificação do parque habitacional de Lisboa, com incidência nas questões estruturais, afinal aquelas que mais interessam ao problema sísmico e da vulnerabilidade das edificações em relação à acção dos sismos. Importará agora imaginar, prever, tentar adivinhar o comportamento da cidade construída, caso ocorra um sismo de grande magnitude, similar aqueles que afligiram a então capital do Império nos séculos XVI e XVIII: suponhamos então que no dia primeiro de Novembro do ano de 2005, precisamente 250 depois da grande tragédia, Lisboa é abalada por um sismo “igual” ao de 1755, isto é, com a mesma origem, o mesmo epicentro e a mesma magnitude. Em tal situação hipotética que é, entretanto, o medo que muitos arrastam, o que acontecerá à cidade: acordará destruída e de luto carregado, contando e chorando os seus mortos ou, pelo contrário, passará incólume pela “besta” e será motivo de orgulho para os lisboetas e de admiração para toda a Europa?

Para tentar a resposta à pergunta começar-se-á pela reprodução de duas notícias distintas que qualquer hipotético diário publicará.

## 2. A notícia

### I - Desastre anunciado

Lisboa, 2005-11-02

Lisboa foi ontem abalada por um sismo devastador que reduziu a escombros a cidade antiga, mas ao qual não escaparam construções modernas em todas as zonas da capital do País.

Os primeiros balanços, ainda não confirmados, em virtude do colapso do sistema de comunicações e de abastecimento de energia que isolou a cidade, apontam para estimativas que dão ideia da dimensão da tragédia: mais de 1500 edifícios totalmente arruinados encheram as ruas de escombros, impedindo o acesso de bombeiros e de outros veículos de assistência aos mais de 60000 feridos.

Informações não confirmadas ainda referem cerca de 15000 vítimas mortais, muitas tendo ocorrido com a ruína de dois hospitais e de sete escolas; prepara-se a chegada de ajuda internacional, tendo as Nações Unidas respondido positivamente aos apelos das autoridades nacionais com o envio de brigadas especializadas na busca de vítimas entre escombros e com alimentos, medicamentos e outros bens de primeira necessidade.

Começa a fazer-se sentir uma enorme onda de descontentamento, generalizando-se as acusações de incúria e negligência aos governos das últimas décadas que nunca tiveram qualquer política coerente de salvaguarda do edificado e de reabilitação estrutural de milhares de edifícios que, diz-se, há muito se sabia não terem capacidade para dar resposta adequada a uma catástrofe desta importância.

### II- O exemplo de Lisboa

Lisboa, 2005-11-02

A comunidade científica mundial tem vindo a exprimir a mais profunda estupefacção, perante o resultado do sismo de magnitude 8.2 da escala de Richter, que abalou Lisboa ontem, e do qual a cidade escapou quase incólume, apenas se tendo registado a queda de cerca de uma dezena de edifícios, três dos quais estavam, aliás, a ser objecto de uma operação integrada de reforço estrutural.

Prepara-se o envio de duas importantes delegações americanas e japonesas, integrando os maiores vultos da sismologia e da engenharia sísmica internacional, que têm agendada a participação num curso leccionado por especialistas portugueses que darão conta da regulamentação nacional especificamente dedicada ao reforço sísmico de edifícios e da prática construtiva seguida nos últimos anos, com o que Portugal se colocou na vanguarda dos conhecimentos nesta área.

Foi entretanto nomeada uma comissão de inquérito com o fim de averiguar o motivo porque se terá dado o colapso de dezenas de chaminés no Algarve, aparentemente porque estes elementos foram excluídos do programa de reforço sísmico; as conclusões do inquérito serão publicitadas nos próximos três dias.

## 3. O sismo de Lisboa do século XXI. O cenário

As duas notícias antes publicadas são naturalmente caricaturas e a sua projecção simbólica, em Novembro de 2005, exactamente dois séculos e meio após o terramoto de 1755, não tem evidentemente qualquer fundamento ou justificação. Mas, se esse sismo vier, e provavelmente chegará, não é provável que suceda o cenário catastrofista simulado

em primeiro lugar, mas menos razoável ainda é a hipótese idílica de uma cidade exemplar que todos reconhecemos não existir senão nos nossos sonhos. E então, com mais ou menos ruínas e, perdoe-se a frieza, com mais ou menos mortos e feridos, alguém escapará para fazer o balanço e para apontar caminhos.

Sempre no domínio da ficção, imagine-se que alguém será encarregado de apresentar um relato sobre as ocorrências a um qualquer recém-nomeado Ministro das Calamidades. E talvez possa rezar assim:

“Em cumprimento do mandato de que fui incumbido, como coordenador de uma Comissão de Análise às Consequências do Sismo de Lisboa, é possível apresentar, no curto lapso de tempo disponível para o efeito, os primeiros resultados do trabalho realizado, o qual consistiu na recolha de toda a informação relativa aos danos sofridos pelos edifícios da cidade e no seu tratamento com o objectivo de se tentar estabelecer uma relação entre as características estruturais dos edifícios, o seu estado de conservação e o grau de destruição que sofreram, de modo a apoiar a tomada de decisões relativas à reconstrução da cidade.

O objectivo deste relatório é apenas o de se debruçar sobre os edifícios e o seu comportamento face ao sismo, numa visão tão fria quanto possível, embora naturalmente perturbada pelo peso de tanto sofrimento que aflige nossa querida cidade.

Embora não exista um levantamento final acerca da extensão dos danos, já que algumas áreas viram destruídos os seus arquivos documentais, o que tem dificultado uma análise cadastral rigorosa, estima-se que o número de edifícios totalmente destruídos seja superior a 1000, apresentando-se muito danificados cerca de 7000, dos quais cerca de um terço se poderão considerar irrecuperáveis, registando-se danos menores noutros 12000 e insignificantes no restante parque edificado.

Só isto dá uma ideia das consequências devastadoras deste cataclismo que tem paralelo no que ocorreu há precisamente 250 anos e do qual veio a nascer a nova cidade que Sebastião de Carvalho e Melo sonhou com Manuel da Maia e Eugénio dos Santos; a estes vultos excepcionais, a quem a História ainda não prestou justa homenagem, devo a obrigação de uma análise rigorosa que ajude a compreender a catástrofe, nas suas causas naturais e nas consequências do desleixo e incúria de gerações que não souberam ler o passado, como sucedeu logo que foi desaparecendo a memória do drama de 1755.

Tentando referir o conteúdo deste relatório à história da edificação em Lisboa e à tipificação construtiva do parque habitacional lisboeta, apresentar-se-á um resumo da situação por época de construção, considerando, por simplificação as seguintes categorias:

- a) Construção pré-pombalina, concentrada naturalmente nos chamados bairros históricos e em edifícios notáveis individualizados;
- b) Construção pombalina, aquela que edificada a partir de 1755, abrange a zona de reconstrução, centrada na Baixa, mas atingindo algumas zonas dos bairros antigos e mesmo a primeira fase da expansão urbana do século XIX, por exemplo, na Avenida da Liberdade;
- c) Construção “gaioleira”, assim conhecida depreciativamente o edificado da Lisboa de Ressano Garcia, na expansão da cidade a Norte e a Poente (note-se que nessa época ainda se pratica, moderadamente, a construção do tipo pombalino, mas apenas pelos tradicionais construtores alfacinhas), correspondendo ao mais vasto conjunto de edifícios, dispersos pela cidade ou concentrados nos bairros novos;
- d) Construção de transição para o betão armado, associando paredes de alvenaria e lajes de betão armado, ocorrendo nas zonas construídas a partir da década de

30 do século XX, principalmente nas zonas de expansão a Norte (Av. De Roma e Alvalade);

- e) Construção da 1ª fase do betão armado, dispersa pela cidade, frequentemente em edifícios isolados resultantes de reconstruções e de preenchimentos da malha urbana; ocorre, sob o domínio dos primeiros regulamentos de betão, estendendo-se até aos anos 70;
- f) Construção da 2ª fase do betão armado, correspondendo à consolidação regulamentar e dispersando-se pela cidade, dominando também as novas zonas de expansão que ocupam as derradeiras áreas livres da cidade.

Em circunstâncias normais esperar-se-ia que um sismo com a magnitude e as restantes características que este evidenciou provocasse danos decrescentes com a idade dos edifícios mas, uma primeira análise, permite logo verificar que assim não sucedeu, observando-se um comportamento quase “errático” das diferentes tipologias, sinal de que outros factores, além da tipologia construtiva e a época de construção, teriam de ter tido influência determinante.

Aliás, recorda-se que a propósito do sismo de 1755, a análise dos Registos Paroquiais determinados pelo futuro Marquês de Pombal permitiu trabalhos notáveis de investigação que estabeleceram clara relação entre as condições de fundação dos edifícios e as consequências do sismo sobre os edifícios, questão logo claramente estabelecida, como se depreende da ideia de se vir a transferir o centro da cidade para a zona de Belém.

Com base no conhecimento das tipologias construtivas que caracterizam o parque construído de Lisboa, da sua distribuição geográfica e geológica e condições de fundação, do grau de conservação das estruturas e dos tipos de alterações introduzidas nos edifícios, apresenta-se a seguir uma síntese do que se julga representar a melhor interpretação das consequências do sismo, o que ajudará, espera-se, a definir uma estratégia para as acções de reabilitação e reconstrução da cidade.

### **A- Construção pré-pombalina**

É já escasso o número de edifícios genuinamente pré-pombalinos, devendo distinguir-se o edificado habitacional, com mais exemplares nos bairros de Alfama e Castelo, Mouraria e Bairro Alto, e os edifícios notáveis, Igrejas, Conventos e Palácios. Estes tiveram, em geral, um comportamento satisfatório, apenas se registando o colapso de diversas torres sineiras de Igrejas (tal como no sismo de 1755), que provocou destruições em alguns edifícios, nomeadamente na Sé, e ruínas localizadas em paredes de alvenaria e abóbadas, mas em condições de se vir a proceder a reparações relativamente simples, embora com algumas consequências severas em elementos de elevado valor artístico.

Os edifícios correntes tiveram um comportamento irregular, determinado em grande parte pelas condições geológicas locais associadas às características das fundações, anotando-se que não terão sido muito eficazes as operações de conservação e reabilitação a que esses edifícios foram submetidos no passado recente, já que se tratou de intervenções isoladas que não tiveram em conta o efeito de quarteirão, determinante no comportamento sísmico de cada edifício.

Julga-se de muito interesse assinalar o excelente desempenho de conjuntos edificados no Castelo, onde predominam edifícios pré-pombalinos (embora muito alterados), os quais foram objecto de intervenções conjuntas em que, talvez pela primeira vez na cidade, se assumiu o que pode chamar-se reforço sísmico de estruturas antigas; este é um ensinamento de que se terá de tirar consequências para o futuro próximo.



## **B- Construção pombalina**

A Baixa pombalina e suas zonas limítrofes, onde se localiza o núcleo mais importante da construção desta época, exemplo da filosofia urbanística e construtiva que dominou a construção da cidade do século XVIII, teve um comportamento muito irregular, que pareceu estranho numa primeira análise, obrigando a uma atenta análise dos arquivos municipais, de modo a tentar caracterizar correctamente este edificado, nomeadamente o que sofreu danos mais relevantes.

Verificou-se, por exemplo, que o conjunto do Terreiro do Paço/Praça do Comércio se comportou de forma quase irrepreensível, com excepção do Torreão Poente, que já tinha, aliás, denunciado problemas estruturais a que ainda não se tinha acudido de modo conveniente; pelo contrário, ocorreram colapsos extensos em alguns quarteirões, com uma distribuição aparentemente aleatória.

Após análise de toda a informação disponível, verificou-se que os maiores danos ocorreram, sistematicamente em edifícios e conjuntos em que tinham ocorrido (por vezes em data indeterminada) ampliações em altura com dois ou mais andares e, infelizmente com muita frequência, nos edifícios fragilizados por obras de alteração profunda afectando as estruturas de alvenaria do rés-do-chão.

Pelo contrário, edifícios pouco alterados, embora mal conservados, tiveram desempenho muito satisfatório, confirmando a excelência da solução pombalina original. Alguns conjuntos, muito alterados, em que as estruturas originais foram totalmente suprimidas e substituídas por novas estruturas de betão tiveram, em geral, comportamento igualmente satisfatório, com relevo para os que sofreram obras a partir da década de 80 do século XX.

Do que se observou e analisou pode concluir-se, por um lado, que este sismo constituiu o melhor teste para a qualificação da chamada construção pombalina e, por outro lado, ficaram confirmados os piores receios quanto à leviandade com que, durante mais de um século, se procedeu a sucessivas adulterações das estruturas originais, quase nunca se tendo procedido às operações de reforço que tais alterações deveriam ter comportado.

## **C- Construção gaioleira**

Esta tipologia construtiva tem constituído uma grande preocupação daqueles que têm abordado a vulnerabilidade sísmica do edificado de Lisboa, justificada pela deficiente qualidade das estruturas de alvenaria e madeira com que esses edifícios foram construídos.

Este sismo veio dar razão a estes receios, constatando-se a ruína total de mais de 500 edifícios assim classificáveis e muitos outros profundamente danificados e irrecuperáveis.

Na análise das consequências do sismo sobre estes edifícios importa destacar a circunstância de eles serem generalizadamente fundados sobre terrenos macios, argilosos ou areno-argilosos, com poucos casos em que ocorre a fundação em rocha, ou seja, nas zonas mais densamente construídas com edifícios deste grupo, as condições de fundação não favoreceram a sobrevivência dos edifícios.

Constata-se ainda que estruturas alteradas com supressão de algumas paredes e sua “substituição” por vigas de aço se revelam ainda mais susceptíveis; é questão que, no entanto, merece aprofundamento.

A falta de travamento estrutural, denotada na fragilidade das ligações entre paredes e entre paredes e pavimentos, a fraca qualidade das alvenarias e as deficiências originais de fundações terão sido os problemas fundamentais para se entender a destruição ocorrida, com o que se perdeu uma boa parte da cidade da época das Artes Decorativas.

#### **D- Construção de transição para o betão armado**

As construções das décadas de 40 e 50 concentram-se nas zonas de expansão a Norte da cidade, nomeadamente na área de Alvalade, Campo Grande, S. João de Brito e S. João de Deus, sendo, como se sabe, estruturas mistas de alvenaria de tijolo maciço (em alguns casos subsistem nas paredes exteriores as alvenarias ordinárias de pedra, noutros há paredes de empena de betão) com lajes de betão e algumas vigas e pilares, sobretudo no piso térreo.

Verificando-se a ocorrência de condições bastante uniformes nas fundações, a irregularidade do comportamento dos edifícios desta tipologia e desta época em relação ao sismo (incluindo o colapso global de cerca de dezena e meia de edifícios), requereu a análise acerca das características efectivas destas estruturas, fazendo-se para isso a consulta dos arquivos camarários que foram preservados.

Constata-se que, de uma forma que pode considerar-se quase sistemática, os edifícios mais arruinados foram sujeitos a obras de alteração de compartimentação interior, com supressão de paredes resistentes, circunstância que introduziu fragilidades e assimetrias estruturais que vieram a revelar-se decisivas; os edifícios que mantêm a estrutura original, ou que foram objecto de pequenas alterações, tiveram geralmente um comportamento satisfatório, que se justificará pela grande densidade de paredes (trata-se, recorde-se, de edifícios com planta muito compartimentada) e pelo efeito de cintagem assegurado pelas lajes de betão armado.

#### **E- Construção da primeira fase do betão armado**

Os edifícios construídos entre os anos de 1950 e de 1970 ocupam novas zonas de expansão mas substituem também edifícios mais antigos, demolidos um pouco por toda a cidade, por exemplo, nas Avenidas Novas, quando aí se inicia o processo de substituição que ainda agora prossegue.

O deficiente comportamento destes edifícios, com poucos colapsos mas com danos geralmente muito extensos, deve-se, numa primeira análise a dois tipos de causas: deficiente organização estrutural e uso de betões de baixo desempenho mecânico.

A deficiente organização estrutural traduz-se na grande irregularidade das estruturas, em planimetria e altimetria, com vigas apoiadas em vigas, grandes assimetrias na localização dos pilares e bruscas mudanças de geometria destes entre andares sucessivos, dando origem a estruturas muito flexíveis que sofreram deformações importantes que os projectos (muitas vezes incipientes) não detectaram.

A fraca resistência mecânica dos betões utilizados na execução da estrutura dos edifícios veio agravar os problemas assinalados, sobretudo ao nível do comportamento dos pilares.

Registe-se que os edifícios públicos construídos nesta época apresentam um comportamento comparativamente muito superior ao dos edifícios habitacionais, a que não será alheia a qualidade técnica dos projectos de estruturas e o maior cuidado na execução e fiscalização das estruturas de betão armado que, aliás, apresentam muito maior regularidade.

## F- Construção da segunda fase do betão armado

Estranhar-se-á a importância dos danos que ocorreram nos edifícios construídas a partir dos anos de 1970, quando o betão armado se considerava geralmente bem dominado, em termos de projecto e de execução.

Em primeiro lugar, importa referir que não é possível estabelecer numa análise preliminar, uma relação clara entre o comportamento dos edifícios e as condições de fundação, já que a ocorrência de edifícios fundados por estacas, em número cada vez maior, pois os terrenos disponibilizados para construção na cidade são cada vez piores (entendida esta qualificação do ponto de vista das características geotécnicas dos solos superficiais), dificulta este tipo de análise.

Apesar de se reconhecer que nas últimas décadas os engenheiros dispunham de regulamentação estrutural muito actualizada, ensinada intensamente em todas as Escolas de engenharia, continua a verificar-se uma qualidade geral muito baixa dos projectos licenciados pela CML, embora a partir da década de 90 se assista a uma melhoria talvez associável ao desenvolvimento de empreendimentos de grande dimensão.

Por outro lado, a análise, por amostragem, de cerca de três dezenas de edifícios que apresentaram graus diversos de danificação, permitiu constatar numerosas diferenças entre as estruturas executadas e as que tinham sido licenciadas, a par de deficiências acentuadas na qualidade dos betões e das armaduras utilizadas, sendo essas anomalias claramente correlacionáveis com a intensidade dos danos.

Os problemas assinalados confirmam a importância que pode ter a fiscalização técnica de uma estrutura ou a sua ausência e constitui, decerto, um bom motivo para reflexão. A inadequação de projectos também só pode compreender-se por não ter sido possível desenvolver até agora um sistema eficaz de garantia da qualidade de projectos que inclui a sua verificação e certificação.

O relato que aqui termina constitui o resultado de uma primeira análise às consequências do sismo de 1 de Novembro de 2005 no parque edificado de Lisboa mas, embora necessariamente preliminar e sumário, parece poder concluir-se desde já que essas consequências, que assumem características de uma catástrofe de dimensões excepcionais, poderiam ter sido muito limitadas, caso tivessem sido tomadas oportunamente medidas destinadas, por um lado, a assegurar a qualidade efectiva dos projectos e das obras e, por outro, a garantir a aplicação de um plano coerente de consolidação e de reforço das estruturas dos edifícios existentes, especialmente daqueles que seriam naturalmente mais vulneráveis.

Da falta de atenção do poder político e da falta de rigor profissional dos técnicos é exemplo gritante o que sucedeu na Baixa Pombalina em que, por incúria e, pelo menos, por ignorância, se destruiu em cerca de um século um património arquitectónico relevante, de que era parte integrante e determinante a estrutura de “gaiola”, sem a qual os edifícios ficaram fragilizados e por isso se arruinaram.

É naturalmente necessário dedicar agora a melhor atenção à reparação, recuperação e reconstrução; mas é também fundamental criar desde já bases para eliminar procedimentos que se revelaram ruinosos e para pôr em prática outros cuja ausência se provou também ser perniciosa.

A garantia da qualidade de projectos e obras, públicas e particulares, impondo a intervenção de revisores de projecto e de fiscalizações técnicas das obras que suportem um sistema geral de garantia e responsabilidade cobertas eficazmente por seguros é, sem dúvida, um passo essencial a dar de imediato.”

#### 4. Conclusões

Fez-se assim um exercício que pode dizer-se de adivinhação, ou de previsão não sustentada do que serão as consequências de um sismo de grande intensidade sobre o parque edificado de Lisboa.

Como ficou claro, julga-se, ao longo do texto de ficção que se produziu, o que se apresenta não é resultado de análises estruturais mais ou menos elaboradas sobre edifícios reais, mas é produto de um exercício de análise qualitativa do que se sabe ser, nas suas linhas gerais, o património construído da cidade de Lisboa, das suas características originais, do seu estado de conservação e das alterações estruturais a que têm sido submetidos os edifícios, sobretudo os mais antigos.

Reconhecendo-se as fragilidades das estruturas construídas em diversas épocas e com materiais distintos, reconhece-se igualmente que o esforço que tem sido desenvolvido na reabilitação dos bairros antigos é muito meritório mas é também insuficiente, ao mesmo tempo que se constata a proliferação de obras de alteração estrutural relevante sem o correspondente suporte técnico; igual preocupação merece a verificação de uma baixa qualidade média dos projectos de estruturas de edifícios e a insuficiente ou inexistente fiscalização técnica da construção destas estruturas.

O próximo sismo de Lisboa, que não se sabe quando chegará, talvez ainda dê tempo para que alguma coisa se faça. Não será fácil alterar certas práticas projectuais e construtivas, mas tem de ser possível impôr a aplicação dos regulamentos estruturais e validar procedimentos de garantia efectiva da qualidade de projectos e obras.

É também urgente definir procedimentos para a melhoria do desempenho estrutural das construções mais frágeis, ao mesmo tempo que tem de ser sustida a destruição das estruturas existentes à custa de ampliações dos edifícios em altura ou de criação de descontinuidades, nomeadamente nos pisos térreos.

Se isto não for feito, e bom era que o fosse com urgência, o cenário que antes se traçou pode bem ser dramaticamente ultrapassado por um futuro que podemos temer.

## O RISCO SÍSMICO E O PARQUE INDUSTRIAL

Mário Lopes\* e Carlos Sousa Oliveira\*\*

(DECivil, Instituto Superior Técnico)

### 1. Introdução

Na história sísmica de Portugal há o registo da ocorrência de eventos sísmicos destruidores. É também um facto aceite e cientificamente comprovado que os sismos são fenómenos recorrentes, dado que se sabe quais são os seus mecanismos de geração. Isto implica que zonas como Portugal continental e os Açores, que já foram atingidas por fortes sismos no passado, voltarão com certeza a ser atingidas no futuro por sismos com forte potencial destrutivo.

Não é possível com os conhecimentos científicos actuais prever com fiabilidade a data e epicentro do próximo sismo com potencial destruidor. No entanto, a sismicidade histórica dá-nos algumas indicações úteis. Por exemplo sabe-se que o continente português registou nos últimos mil anos sismos bastante fortes e de grande potencial destrutivo com espaçamentos variáveis entre dois e três séculos e meio, o maior e último dos quais foi o sismo de 1755. Para além destes ocorreram outros sismos com efeitos mais reduzidos. O facto de não haver registos de um sismo como o de 1755 nas centenas de anos anteriores à sua ocorrência indicia que é improvável que ocorra um sismo da mesma magnitude nos próximos séculos. No entanto o período de tempo entre os maiores sismos conjugado com o tempo decorrido desde o sismo de 1755 cria fortes receios de que neste século (XXI) possa ocorrer outro sismo com forte potencial destrutivo. Mesmo admitindo-se que este sismo não será tão forte como o de 1755, a concentração de população e capacidade económica na região de Lisboa, muito superior à que era em 1755, faz com que possa ter consequências mais gravosas, por exemplo causar um número de vítimas ainda maior do que em 1755.

### 2. Objectivos

Embora a primeira preocupação quando se pensa na questão sísmica seja a salvaguarda da vida humana, observa-se que nos países mais desenvolvidos a opinião pública é cada vez menos tolerante em relação aos danos económicos. Aumenta assim a pressão sobre as autoridades e agentes económicos para que reduzam esses danos. Esta tendência não se tem feito sentir em Portugal devido ao desconhecimento que a opinião pública e as autoridades têm do risco que um sismo de grande intensidade representa para a nossa economia. É neste contexto e para tentar contrariar esta tendência que se apresenta este artigo sobre as implicações dos sismos no Parque Industrial.

Assim, além de alertar as autoridades e os empresários do sector para esta questão, pretende-se dar sugestões no sentido de (i) fazer uma avaliação mais detalhada do problema e (ii) reduzir a sua potencial dimensão.

---

\* Professor Auxiliar, DECivil, Instituto Superior Técnico, tel: 218418212, email: mlopes@civil.ist.utl.pt

\*\* Professor Catedrático, DECivil, Instituto Superior Técnico, tel: 218418207, email :csoliv@civil.ist.utl.pt

### 3. Avaliação da Situação

#### 3.1 Ensinaamentos de casos reais

Uma importante fonte de ensinamentos é a experiência dos casos reais já ocorridos. No entanto a maior parte das informações disponíveis dos sismos do passado diz respeito ao parque edificado. Em particular, nos países menos desenvolvidos em que os danos económicos são mais reduzidos e as perdas humanas muito grandes, é natural que seja dada maior atenção a esta questão. Mas mesmo nos países mais desenvolvidos começou-se por prestar mais atenção aos edifícios e às pontes e só mais tarde se começou a prestar atenção às infraestruturas e ao Parque Industrial. Assim a informação disponível relativamente aos efeitos dos sismos nestes sectores é mais escassa e refere-se essencialmente aos sismos mais recentes. Apresenta-se uma descrição dos danos ocorridos em algumas instalações fabris bem como fotografias de danos em instalações industriais e redes de infraestruturas durante diversos sismos no passado.

#### Sismo de Kocaeli, Turquia, Agosto de 1999 [1]

Este foi um sismo de magnitude  $M_s = 7.4$  (a magnitude pode ser relacionada com medidas da energia libertada pelo sismo na origem), uma magnitude semelhante à do sismo que em 1531 teve epicentro no Vale Inferior do Tejo. Atingiu uma das zonas mais industrializadas e desenvolvidas da Turquia, tendo provocado danos e interrupções significativas de actividade no sector industrial. Referem-se de seguida alguns casos:

- Fábrica de carruagens em Adapazari. Rotura estrutural de um edifício e danos em outros. A figura 1 mostra parte do edifício que colapsou.



*Figura 1 – Danos na fábrica da Türkiye Vagon Sanayii A.S. em Adapazari*

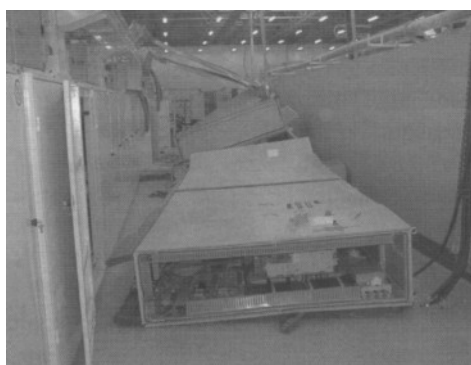
- Refinaria de Tupras. O sismo originou um incêndio que demorou 5 dias a apagar e que poderia ter destruído a totalidade da refinaria. Esta produzia cerca de um terço da gasolina consumida na Turquia e tem um valor de cerca de 700 milhões de contos. O fogo começou com um derrame de nafta do topo de um depósito e foi difícil impedir o seu alastramento porque a conduta que abastecia de água a refinaria não funcionava pois estava danificada em vários pontos.

- Petroquímica Petkim. Sofreu diversos danos graves: no sistema de abastecimento de água, colapso de torres de refrigeração e danos internos em máquinas industriais. Em consequência previa-se que ficaria paralisada durante dois meses.
- Fábrica de pasta de papel Seka. Houve danos em edifícios devido ao colapso dos telhados, colapsaram os silos de celulose. O transformador eléctrico da fábrica avariou-se, paralisando toda a produção durante dois meses.
- Fábrica de produtos farmacêuticos Toprak Ilic. Caíram as prateleiras do armazém de materiais, como se ilustra na figura 2, e no laboratório a queda de produtos químicos que reagiram entre si libertou gases tóxicos. Pensa-se que seriam necessários dois meses para restabelecer a actividade normal da fábrica.



*Figura 2 – Queda das prateleiras do armazém na fábrica de produtos farmacêuticos Toprak Ilic*

- Fábrica de papel Toprak Saglik. Houve diversos tipos de danos como por exemplo queda de armários de equipamento eléctrico, que se ilustra na figura 3, movimento de máquinas com fixação deficiente, fendilhação em depósitos com derrame de água, queda de produtos armazenados, queda de um reservatório na sala das bombas, danos em pilares, paredes não estruturais e envidraçados.



*Figura 3 – Danos em equipamento eléctrico na fábrica de papel Toprak Saglik*

#### Sismo de Mt. Parnes (Atenas), Grécia, Setembro de 1999 [2]

Este sismo de magnitude moderada  $M_s = 5.9$  (a escala de Richter é logarítmica e a variação de 1 grau corresponde a uma variação de 32 vezes na energia libertada) teve origem numa falha desconhecida localizada sob um subúrbio de Atenas, considerada uma

das zonas de menor risco sísmico da Grécia. Dada a reduzida magnitude do sismo a zona atingida também não era extensa, não tendo afectado a maior parte da cidade. O Parque Industrial na zona afectada, constituído essencialmente por pequenas e médias indústrias alojadas em edifícios de betão armado, foi fortemente atingido. A maioria dos 30 edifícios que sofreram colapso total bem como a maioria das 143 vítimas ocorreram no Parque Industrial. A grande fragilidade destes edifícios deveu-se a irregularidades tais como: (i) poucas paredes divisórias no interior, (ii) preenchimento parcial de painéis de pórticos de betão armado com panos de alvenaria criando colunas curtas, (iii) grandes cargas nos pavimentos devido a equipamentos pesados ou produtos armazenados, (iv) lajes espessas e vigas altas e longas apoiadas em pilares de secções reduzidas e (v) fraca qualidade de projecto e construção. O sismo causou um prejuízo de cerca de 600 milhões de contos, uma grande parte dos quais no sector industrial.

### Outros sismos

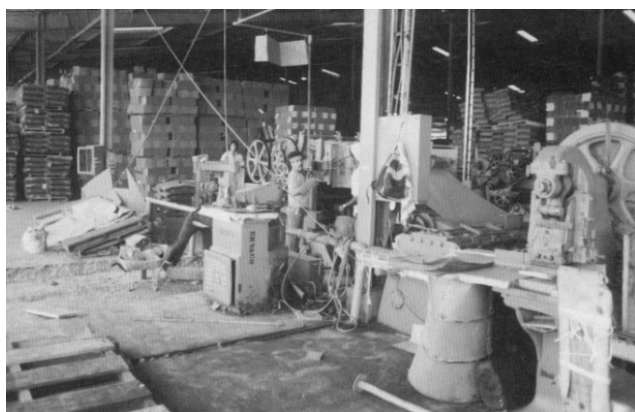
Muitos outros exemplos se poderiam referir. Ilustram-se nas figuras seguintes outros casos:



*Figura 4 - Danos em equipamentos no porto de Kobe no Japão, devidos ao sismo de 17 de Janeiro de 1995 [3]*



*Figura 5 - Derrubamento de equipamento de purificação de ar de uma estação de tratamento durante o sismo de Northridge, 1994 [4]*



*Figura 6 - Paralisação de fábrica no Panamá devido a movimentos relativos entre fundações que desalinham os equipamentos mecânicos durante o sismo da Costa Rica, em 22 de Abril de 1991 [5]. As escavações e restantes trabalhos para alinhar as fundações duraram mais de um mês durante o qual a fábrica não produziu.*



### 3.2 Situações concretas em Portugal

A vulnerabilidade dos edifícios do parque industrial pode, em média, diferir da dos edifícios do Parque Edificado (designação aplicada essencialmente aos edifícios habitacionais ou de escritórios). Os ensinamentos do sismo da Grécia, de Setembro de 1999, indicam que muitos edifícios industriais de vários pisos em betão armado podem ser bastante vulneráveis devido a irregularidades. Os edifícios com estrutura total ou parcialmente pre-fabricada também são bastante vulneráveis devido à fraqueza das ligações entre os diferentes elementos, que frequentemente não são concebidas para transmitir esforços de flexão. Outro tipo de edifícios industriais tende a ser menos vulnerável do que os do Parque Edificado. É o caso dos edifícios de um piso em estrutura metálica com ligações rígidas ou semi-rígidas, que em geral são estruturas leves. Nestes casos o cálculo ao vento proporciona à estrutura uma resistência a forças horizontais que lhe pode permitir resistir a sismos fortes. Isto deve-se ao facto de a acção do vento sobre as estruturas depender fortemente da superfície de exposição, que nestes edifícios costuma ser grande, ao passo que a acção do sismo se exerce sobre a massa da estrutura, que é reduzida.

É assim difícil caracterizar com pormenor a resistência sísmica dos edifícios industriais em Portugal sem se dispor de um levantamento das suas características. Fica no entanto o alerta para a possibilidade de também poderem apresentar uma vulnerabilidade sísmica significativa, como por exemplo no caso da Grécia.

Como se constatou em 3.1 a vulnerabilidade do Parque Industrial depende não só da vulnerabilidade dos edifícios, mas também da vulnerabilidade das suas máquinas e equipamentos.

Relativamente às máquinas e equipamentos industriais o desconhecimento da sua vulnerabilidade sísmica é muito maior. No entanto, podem identificar-se situações de equipamentos industriais caracterizados pelo seu grande peso, ligações a outros equipamentos e ligações por vezes deficientes à respectiva fundação ou estrutura de apoio.

Uma situação deste tipo, semelhante a algumas das descritas em 3.1, poderia representar-se esquematicamente como se indica na figura 7.

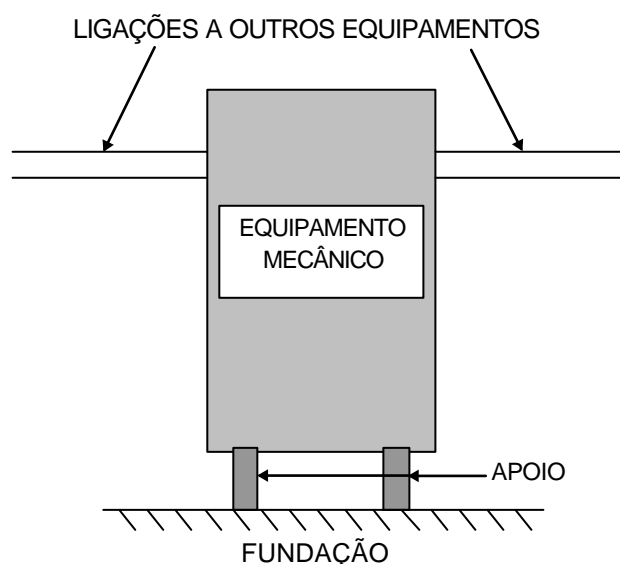


Figura 7 – Representação esquemática de um equipamento industrial

Admita-se que neste caso o equipamento não é muito vulnerável internamente, isto é, as acelerações que um sismo provavelmente lhe comunicará na base não danificarão o seu interior nem o seu revestimento. Esta situação também pode ocorrer com outro tipo de equipamentos e por diversos tipos de razões: pelo próprio tipo de construção e materiais utilizados, porque o fabricante vende equipamentos para zonas de risco sísmico e uniformizou o fabrico, por exigência do próprio dono do equipamento, etc. Outros tipos de equipamento poderão apresentar vulnerabilidade interna, como referido em 3.1. No caso referido a vulnerabilidade estará essencialmente nos apoios. Devido às acelerações que o movimento sísmico transmitirá ao equipamento desenvolvem-se neste forças de inércia. Caso os apoios não tenham resistência suficiente para transferir estas forças para a fundação, o equipamento pode deslizar sobre a base, oscilar ou derrubar. Estes movimentos podem provocar danos internos devido ao impacto durante as oscilações e/ou partir as ligações aos outros equipamentos caso estas ligações não tenham capacidade para acomodar esses deslocamentos.

Este tipo de problema pode ser facilmente resolvido com uma boa ligação entre a máquina e a respectiva fundação. É um problema tecnicamente simples cuja resolução, se for devidamente considerada na fase de projecto, acarreta um aumento de custos reduzidíssimo em comparação com o valor da máquina e da sua fundação. Caso o problema já exista e se queira corrigir, os custos serão superiores, pois é necessário reforçar as ligações e a fundação, conduzindo à indisponibilidade temporária do equipamento. Mesmo assim os custos serão consideravelmente inferiores ao valor do próprio equipamento, provavelmente inferiores a 5% do custo deste. Caso o equipamento fique avariado em caso de sismo haverá dois tipos de custos a considerar: (i) os custos directos associados à reparação ou substituição do equipamento e (ii) os custos indirectos devidos à inoperacionalidade deste. Os custos indirectos comportam diversas componentes: a perda de receitas da entidade gestora do equipamento, os prejuízos que o não fornecimento do bem produzido causa em outros sectores de actividade económica que dele dependem e outros efeitos indirectos dificilmente mensuráveis. Alguns destes efeitos podem perdurar para lá do período de reparação do equipamento. A relação entre os custos directos e os indirectos pode ser bastante variável. Neste caso os custos indirectos seriam concerta várias vezes superiores ao valor do próprio equipamento. Assim a variável que melhor quantifica as consequências do sismo não é o custo de reparação mas o tempo de reparação, porque é a variável que melhor quantifica os custos indirectos.

Da discussão anterior ressalta que o custo da resolução deste problema antes do sismo pode ser umas centenas de vezes inferior ao custo de resolver o problema depois do sismo. Ou seja, trata-se essencialmente de uma questão de prevenção. Haverá certamente outros casos, de outros tipos de equipamento já em serviço em que o custo da prevenção não seja tão reduzido. Por exemplo equipamentos muito vulneráveis em que a resolução do problema implique a substituição de algumas peças ou do equipamento na sua totalidade. No entanto, caso o problema sísmico seja considerado na fase de projecto, é provável que o acréscimo de custo associado à resistência sísmica seja, em geral, bastante menor do que os custos a suportar após o sismo. É aliás isso que se passa claramente com as estruturas edificadas de engenharia civil.

Não é possível aos autores estimar qual é a representatividade relativa das diferentes situações anteriormente referidas no conjunto do Parque Industrial. No entanto esta discussão, bem como os ensinamentos obtidos com o conhecimento dos danos provocados pelos sismos em outras regiões do mundo, indicam que também em Portugal o Parque Industrial pode ser bastante vulnerável à acção dos sismos. Este aspecto, em conjunto com a vulnerabilidade do Parque Edificado, é agravado em Portugal pelo facto de cerca de 40% da capacidade económica do país estar concentrada nas regiões de Lisboa, Vale do Tejo e península de Setúbal, que se encontram entre as de maior risco sísmico do território português. Assim um sismo que afecte fortemente estas zonas terá um efeito económico

devastador. Para se ter uma melhor percepção da potencial dimensão do problema basta fazer uma comparação simples com os casos dos sismos de Kobe (Japão, Janeiro de 1995) e da Turquia (Agosto de 1999). O primeiro afectou uma zona com uma população semelhante mas mais desenvolvida economicamente, tendo causado prejuízos materiais superiores em 50% ao Produto Interno Bruto português. O sismo da Turquia afectou uma zona ligeiramente mais populosa e um pouco menos desenvolvida tendo feito a economia da Turquia regredir muitos anos. Em qualquer destes casos a dimensão relativa da zona afectada, em comparação com o respectivo país, é muito menor do que no caso da região de Lisboa. Ou seja, no caso português a capacidade económica e de meios disponíveis da zona não afectada em comparação com a zona afectada é muito menor. Em consequência a normalização da vida na zona afectada e a recuperação económica global serão muito mais difíceis e demoradas.

### 3.3 Diagnóstico

A principal causa da vulnerabilidade sísmica do equipamento referido em 3.2 é uma causa indirecta: o desconhecimento que os engenheiros envolvidos no processo tinham e têm do problema sísmico e suas potenciais consequências. Na realidade em Portugal os engenheiros mecânicos, electrotécnicos e de outras especialidades que projectam, constróem e instalam esses equipamentos não têm formação em engenharia sísmica. A origem desta situação tem a ver com o desenvolvimento inicial da engenharia sísmica moderna em Portugal, há cerca de 50 anos atrás. Apesar de todo o mérito que é justo reconhecer aos engenheiros e sismologistas que nessa época começaram a construir a engenharia sísmica portuguesa, o seu trabalho ficou incompleto, tal como na generalidade dos países. O seu objectivo prioritário foi a salvaguarda da vida humana, o que fez com que as atenções se tivessem centrado nas construções edificadas projectadas por engenheiros civis. No entanto, hoje isso é claramente insuficiente, não só pelo maior grau de exigência da opinião pública relativamente aos riscos para a economia como pelo facto de que a inoperacionalidade das redes de infra-estruturas também poder ter graves consequências em termos de perdas de vidas humanas. Esta é aliás uma situação fácil de compreender. Considere-se por exemplo a rede eléctrica: a sociedade é hoje quase totalmente dependente da energia. Todas as outras redes de infra-estruturas serão total ou parcialmente afectadas se a rede eléctrica falhar. A economia paralisaria e a vida das populações nas zonas afectadas tornar-se ia quase impossível. O não funcionamento das redes de águas e esgotos criaria problemas de saúde pública, como aconteceu recentemente após um dos sismos de El Salvador com a propagação de uma epidemia de cólera. O não funcionamento das telecomunicações lançaria o caos organizativo e económico a todos os níveis e prejudicaria fortemente a acção da Protecção Civil. Danos na rede de gás poderiam originar incêndios que destruiriam muitos edifícios e ceifariam muitas vidas. Por exemplo no sismo de Tóquio de 1923 cerca de 40 000 sobreviventes do sismo morreram queimados vivos no incêndio que o sismo causou. No caso do recente sismo de Kobe, em 1995, os incêndios demoraram 5 dias a extinguir e foram também responsáveis por um volume muito grande de danos.

A Protecção Civil aconselha nos seus folhetos de divulgação que se armazene água e alimentos para três dias. Mas na realidade não há estudo nenhum sobre o assunto que nos indique que as infra-estruturas não fiquem paralisadas por períodos mais prolongados. Qual é que seria a dimensão das perdas económicas e de vidas humanas que poderia ocorrer se as redes de infra-estruturas da região de Lisboa ficassem inoperacionais não durante três dias mas três semanas por exemplo? Caso se verifique que existe um risco significativo de ocorrência desta situação, a que a Protecção Civil nunca terá capacidade para dar resposta, não será preferível agir preventivamente para impedir a sua materialização?

Dado que não é possível impedir a ocorrência de sismos, a única via possível para enfrentar o problema é conferir resistência sísmica às construções e equipamentos de

forma a que os sismos não os destruam ou danifiquem. Para o Parque Industrial, tal como para o Parque Edificado, os danos e as mortes que um futuro sismo pode originar, dependem essencialmente das acções preventivas que forem tomadas para os evitar. Dependendo da intensidade do sismo que atinja uma dada região, a aplicação generalizada e correcta dos conhecimentos científicos actuais nos Parques Edificado e Industrial não eliminará por completo os danos humanos e económicos mas pode reduzi-los em dezenas ou centenas de vezes.

É assim importante que as preocupações de conferir resistência sísmica às construções edificadas seja alargada às redes de infra-estruturas e ao sector industrial. A experiência com o Parque Edificado mostra que também é absolutamente fundamental garantir que essas preocupações se materializam na qualidade de projecto, construção e instalação de forma a alcançar na realidade os objectivos pretendidos e não deixar que estes fiquem apenas no papel.

#### 4. Recomendações

Diagnosticado de forma genérica o problema da vulnerabilidade sísmica dos equipamentos e máquinas industriais, põe-se então a questão de que medidas tomar para o resolver. Enumeram-se de seguida um conjunto de sugestões neste sentido que se tentarão relacionar com as tarefas que se propõem para o Parque Edificado [6] e que, para facilitar a leitura, se transcrevem de seguida:

T1 - Levantamento do parque habitacional e avaliação do risco.

T2 - Definição de estratégias de intervenção mais eficazes.

T3 - Aperfeiçoamento de soluções de reabilitação sísmica.

T4 - Criação de enquadramento legislativo.

T5 - Formação e divulgação.

T6 - Elaboração de planos directores de reabilitação sísmica

T7 - Execução dos trabalhos.

Para evitar que o problema continue a alastrar será necessário atacar directamente as causas. Para isto é necessário que os engenheiros que projectam e instalam as máquinas e equipamentos industriais estejam cientes do problema sísmico e de como o resolver. Isto implica dar formação aos profissionais no activo e alterar os currícula de alguns cursos de engenharia. Dado que estes cursos em geral já incluem uma formação de base em mecânica e vibrações é possível que não seja necessário adicionar disciplinas novas. Eventualmente alterações parciais dos currícula de uma ou duas disciplinas poderão ser suficientes, o que tornaria o processo mais simples e expedito em termos administrativos. Este ponto integra-se na tarefa T5.

Relativamente ao Parque Industrial existente e ao sector das infra-estruturas deve começar-se por fazer uma caracterização do problema. Para este efeito poder-se-ão seleccionar um conjunto de instalações em função da sua importância económica, da sua representatividade e dos riscos de libertação de substâncias perigosas. O terceiro aspecto é aliás de grande importância ambiental e para a Protecção Civil. Estes estudos deverão ter como objectivos (i) a caracterização da vulnerabilidade sísmica das instalações identificando os pontos mais fracos e (ii) caso essa vulnerabilidade seja significativa, dar sugestões que conduzam à redução da vulnerabilidade sísmica dessas instalações, a pormenorizar posteriormente. Estes estudos deverão envolver equipas multidisciplinares de especialistas do sector industrial e de engenharia sísmica. Entre outras tarefas deverão ser consultados os fabricantes dos equipamentos em serviço para obter informações sobre a

resistência sísmica destes. Caso não seja possível obter essa informação, os equipamentos deverão ser testados. A resistência sísmica, ou a capacidade de deformação, das ligações externas dos equipamentos a outros equipamentos e aos respectivos apoios deverá ser analisada. Quando se justificar, o comportamento sísmico dos equipamentos deverá ser avaliado tendo em conta a interacção com os apoios e fundações. Este estudo corresponde à tarefa T1. No entanto, ao passo que no edificado uma parte deste tipo de trabalho está feito ou em vias de ser realizado, no sector industrial português não se conhecem estudos de avaliação da vulnerabilidade sísmica e nas redes de infra-estruturas o processo está em fase inicial. Esta tarefa pode ser promovida pelo Governo em colaboração com as associações empresariais do sector, dado que a sua execução depende obviamente da colaboração e empenho da própria indústria.

Dado que o ponto anterior não pode ser levado à prática sem a colaboração e empenho dos empresários do sector industrial, estes têm de estar motivados e interessados na sua realização. Para isso têm de estar sensibilizados para o problema sísmico e suas potenciais consequências para o sector. Este ponto corresponde a parte da tarefa T5 do plano para o Parque Edificado. Pode no entanto ser mais eficiente realizá-la de forma diferente. Embora em ambos os casos o público alvo sejam os donos dos edifícios ou instalações a reforçar, no caso do Parque Edificado isso quer dizer na prática a população em geral. Daí a necessidade de divulgar o problema junto da opinião pública. No caso do sector industrial e das infra-estruturas, dado que os interessados são em muito menor número, será provavelmente mais eficiente se as acções de informação e sensibilização se dirigirem directamente aos dos empresários do sector, por exemplo realizando essas acções em colaboração com as respectivas associações empresariais.

Aconselha-se desde já que na compra de novos equipamentos sejam incluídas cláusulas relativas à resistência sísmica nas especificações técnicas a respeitar por esses equipamentos. Isto aplicar-se-ia tanto a novos equipamentos quer a outros que se destinem a substituir equipamentos que tenham chegado ao fim da sua vida útil. Aliás a renovação de equipamentos pode ser utilizada também para reduzir a vulnerabilidade sísmica. A acção sísmica de projecto pode ser a mesma que é definida no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes [7]. No entanto os critérios de projecto deverão ser diferentes. Nos edifícios o critério de desempenho condicionante é a salvaguarda da vida humana, que se traduz em evitar o colapso para uma acção sísmica intensa com fraca probabilidade de ocorrência, admitindo-se no entanto danos estruturais e não estruturais significativos. Para os equipamentos industriais e em particular para as redes de infra-estruturas este critério é manifestamente desadequado e deve ser aplicado um critério de desempenho superior. Isto deriva do facto de os custos indirectos devidos à inoperacionalidade dos equipamentos poderem ser significativos em comparação com os custos de reparação ou ser superiores a estes. Pode haver situações em que os custos directos sejam irrisórios comparados com os custos indirectos se se quantificarem não apenas as perdas de receitas para a empresa gestora do equipamento mas também os custos globais para a economia do país. Como já se discutiu o parâmetro que melhor quantifica os custos indirectos é o tempo de reparação dos equipamentos, pelo que o critério de projecto deve ter este factor em consideração. Este critério tende assim a limitar o tipo de danos aceitável. No caso de equipamentos de grande importância, em particular nas redes de infra-estruturas, pode justificar-se impor que o tempo de inoperacionalidade admitido seja quase nulo e que a acção sísmica de projecto seja majorada em relação aos valores correntes para reduzir ainda mais a probabilidade de ocorrência de danos. Este tipo de critério pode também justificar-se em indústrias em que os danos possam ter consequências ambientais graves, como por exemplo originar a libertação de materiais tóxicos ou radioactivos.

Será importante dispor de legislação técnica para o projecto, construção, reforço e instalação de equipamentos e máquinas industriais com vista a assegurar a sua resistência

a acções sísmicas, num prazo tão curto quanto possível. Este objectivo enquadra-se na tarefa T4. Esta acção pode começar a ser organizada e desenvolvida desde já. Isto passa em primeiro lugar pela sensibilização, e se necessário, formação dos engenheiros das especialidades que executam esse tipo de trabalhos. Em segundo lugar pela análise e adaptação de regulamentação estrangeira aplicável e em terceiro pelo desenvolvimento da investigação nesta área.

Apesar da análise efectuada ter incidido essencialmente sobre os equipamentos e máquinas industriais, convém voltar a referir a vulnerabilidade dos edifícios, dada a sua importância. Também deverá ser feito o levantamento dos edifícios do Parque Industrial e avaliada a respectiva vulnerabilidade sísmica. Especial cuidado deverá ser dado aos edifícios com estruturas pre-fabricadas, dado o mau desempenho sísmico que têm mostrado. Refira-se no entanto que o mau comportamento sísmico não é uma característica intrínseca das estruturas pre-fabricadas, devendo-se essencialmente à fraqueza das ligações entre elementos. Assim também deve ser possível conferir uma resistência sísmica apropriada a este tipo de edifícios melhorando as características das ligações.

As tarefas propostas, que correspondem a grande parte das tarefas T1, T4 e T5 do Programa proposto para o Parque Edificado, podem começar a ser implementadas. As tarefas T2 e T3 necessitam de avanços significativos da tarefa T1 para que possam avançar. A tarefa T6 não se desenvolverá ao nível municipal como proposto para o Parque Edificado mas por sectores de actividade e/ou zona geográfica. A tarefa T7 também só pode ser iniciada de forma sistemática após avanços significativos em outras tarefas.

Não é possível aos autores fazer uma estimativa dos custos e tempo necessários para executar uma intervenção generalizada com o objectivo de reduzir a vulnerabilidade sísmica do Parque Industrial. De qualquer forma ao nível das máquinas e equipamentos, em alguns casos como o do exemplo que se apresentou em 3.2, a intervenção necessária é uma intervenção cirúrgica sobre pontos fracos previamente identificados. É portanto muito mais barata do que seria uma intervenção extensiva e generalizada, como é por exemplo no caso do Parque Edificado. Mesmo que em muitos outros casos não seja assim, este factor contribuirá para que a redução da vulnerabilidade sísmica do Parque Industrial possa ser menos onerosa que a do Parque Edificado.

Ao nível do planeamento das grandes redes de infra-estruturas e de certos serviços essenciais ao funcionamento da economia e da Administração Pública deverá seguir-se uma política de descentralização e de criação de back-ups. Como já se referiu, a zona de Lisboa e Vale do Tejo, onde estão concentrados muitos serviços e infra-estruturas essenciais, é das zonas de maior risco sísmico do país. Por isso os back-ups deverão ser localizados a uma distância significativa de Lisboa para que um único sismo não afecte simultaneamente a "fonte" e o back-up. Como as regiões de menor risco sísmico do continente português se situam no norte, é aí que se deverão localizar os back-ups. Esta tarefa não corresponde a nenhuma das enunciadas para o Parque Edificado, pois a este nível não existem as interdependências que existem nas infra-estruturas, na economia e na Administração Pública.

Dado que os autores não têm um conhecimento detalhado do Parque Industrial é natural que as recomendações formuladas sejam por omissão. De qualquer forma pretendeu-se assumir uma atitude o mais construtiva possível, não se limitando a alertar para o problema e sua potencial gravidade.

## 5. Sumário e conclusões

Neste artigo tentou-se fazer uma avaliação do que poderá ser a vulnerabilidade sísmica do Parque Industrial. Na ausência de quaisquer estudos sobre o assunto recorreu-se a indicadores como (i) o conhecimento do que foram as consequências no Parque Industrial

de sismos reais que ocorreram noutras zonas do globo (ii) a análise de casos concretos em Portugal. Conclui-se que alguns equipamentos industriais podem ser bastante vulneráveis aos sismos e que a causa principal dessa vulnerabilidade, embora seja uma causa indirecta, é a falta de formação em engenharia sísmica dos engenheiros mecânicos, electrotécnicos e de outras especialidades, responsáveis por esses equipamentos. Conclui-se que num caso analisado, a resolução do problema na fase de projecto teria tido custos bastante reduzidos ao passo que as consequências do sismo podem ter custos elevadíssimos. Isto mostra que a melhor forma de abordar o problema é claramente a prevenção. Neste sentido sugere-se um conjunto de acções, que deverão ser integradas num plano global e mais vasto para o Parque Industrial, com o objectivo de reduzir a sua vulnerabilidade sísmica:

1. Alterar os currícula dos cursos de engenharia mecânica, electrotécnica e de outras especialidades de forma a incluir a engenharia sísmica e dar formação neste domínio aos profissionais no activo.
2. Divulgação do problema sísmico e suas potenciais consequências junto dos empresários do sector industrial.
3. Promover a avaliação da vulnerabilidade sísmica do Parque Industrial.
4. Alteração das especificações técnicas para a aquisição de máquinas e equipamentos industriais contemplando a respectiva resistência sísmica, por parte de quem as adquire.
5. Elaboração da legislação técnica necessária.
6. Considerar o problema do risco sísmico no planeamento de redes de infra-estruturas e da localização de back-ups de serviços fundamentais ao funcionamento da economia e da Administração Pública.

## Referências

- [1] - "1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake Reconnaissance Report", Earthquake Spectra, Suplemento A ao Volume 16, Dezembro de 2000
- [2] - Fardis, M.N. e Bousias, S.N., "Engineereing Aspects of the Mt. Parnes (Athens) Earthquake of 7/9/99"
- [3] - "The Hyogo-Ken Nanbu Earthquake, Preliminary Reconnaissance Report, Earthquake Engineering Research Institute, 1995
- [4] - "Northridge Earthquake of January 17, 1994, Reconnaissance Report", Earthquake Spectra, Suplemento C ao Volume 11, 1995
- [5] - "Costa Rica Earthquake of April 22, 1991, Reconnaissance Report", Earthquake Spectra, Suplemento B ao Volume 7, 1991
- [6] - "Contribuição para a Elaboração de um Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado", Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica e Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico, Lisboa 2001
- [7] - RSA, "Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes", Decreto-Lei nº 235/83, Imprensa Nacional, Lisboa, 1983





## Aspectos de uma Política Habitacional de Redução da Vulnerabilidade Sísmica nos Açores

Ricardo José Moniz da Silva\*

(Direcção Regional da Habitação – Açores)

Ex.mo. Sr.

Quero agradecer na pessoa do Sr. Prof. Carlos Sousa Oliveira o convite para estar aqui presente e poder partilhar convosco uma das preocupações da sociedade portuguesa que, necessita, certamente, através de Encontros como este aperceber-se da relevância do tema. Falar da Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado em Portugal; contribuir para a elaboração das bases de um Programa Nacional; reflectir sobre a experiência dos Açores como uma das zonas de maior sismicidade do país, é, sem dúvida, agir sobre a memória dos factos passados e prevenir o futuro numa perspectiva cautelosa quanto a danos de pessoas e bens.

A convivência intensa do VII Governo Regional – 1996-2000 -, o primeiro liderado pelo Partido Socialista na Região Autónoma dos Açores, com uma série de calamidades – cheias, inundações, intempéries, derrocadas e sismos – alertou a jovem governação para caminhos que era urgente trilhar face ao valor das perdas humanas, económicas, sociais e patrimoniais. Se a criação de um Plano Regional de Habitação como instrumento auxiliar às políticas de habitação era uma vontade programática assumida desde muito cedo, o sismo de 9 de Julho de 1998 ocorrido nas ilhas do Grupo Central, **originou uma profunda e estrutural mudança na estratégia governativa**. As consequências formaram a consciência que doravante não é mais possível ter uma abordagem reactiva face às consequências do desastre, mas sim uma política pública, activa, de prevenção.

Por isso, foi com grande prazer interior que ao contactar com as bases de um possível Programa Nacional de Redução de Vulnerabilidade Sísmica constatei que a Região Autónoma dos Açores está no caminho certo e seguro.

### **A) Levantamento do parque habitacional e avaliação de risco**

Em Junho do ano 2000 a Secretaria Regional da Habitação e Equipamentos, através da Direcção Regional da Habitação, assinou com a Universidade dos Açores/Centro de Vulcanologia, um protocolo que visa a elaboração da Carta de Riscos Geológicos da Região Autónoma dos Açores (CRGRAA) na forma de um documento dinâmico digital que identificará e classificará os riscos sísmico, vulcânico, de movimentos de massa e de tsunamis para as diferentes ilhas dos Açores, estabelecendo os princípios e as normas de actuação que devem orientar a tomada de decisões de carácter preventivo no sentido da minimização dos prejuízos decorrentes de eventuais catástrofes que afectem a Região.

A CRGRAA terá, para cada uma das ilhas, os seguintes capítulos: I) Considerações Gerais; II) Identificação de Perigos; III) Análise de Vulnerabilidades; IV) Recomendações; V) Elementos Bibliográficos; VI) Elementos Cartográficos.

---

\* Director Regional da Habitação – Açores

O projecto de execução da CRGRAA terá por base a análise de informação bibliográfica, incluindo a inventariação de registos históricos, o desenvolvimento de campanhas geológicas para a caracterização dos perigos geológicos e a identificação dos elementos de vulnerabilidade. Os dados recolhidos serão introduzidos num Sistema de Informação Geográfica e integrados na fase de avaliação dos riscos, facto que permitirá a produção de cartas temáticas a diferentes escalas, passíveis de serem actualizadas em função da dinâmica dos sistemas alvo.

A CRGRAA compreenderá estudos ao nível de ilha (1:25.000 ou inferior) e de concelho, freguesia ou localidade conforme a situação em termos de risco assim o justifique.

Assim, as zonas de maior risco serão estudadas numa escala de 1:5.000 o que permitirá a análise da situação de risco de cada casa, rua, praça, etc.

O censo 2001 será um elemento a considerar neste trabalho, se os seus dados forem passíveis de integrar com segurança este estudo, tendo em conta a fiabilidade técnica da recolha.

A CRGRAA será executada ao longo de seis anos. Os primeiros três anos – até 2003 - correspondentes a uma primeira fase, serão dedicados à análise de riscos ao nível de ilha (1:50.000) e à fase preliminar da avaliação de pormenor de todas as ilhas, concluindo-se os trabalhos relativos a S. Miguel e ao Faial (1:25.000, 1:15.000, 1:10.000, 1:5.000 e/ou 1:2000). Uma Segunda fase será dedicada à conclusão dos estudos de pormenor das restantes ilhas.

Acompanhará este importante trabalho um “Catálogo dos Eventos Sísmicos, Erupções Vulcânicas, Movimentos de Massa e Tsunamis” desde o povoamento até aos nossos dias. Tal registo histórico permitirá observar os fluxos de maior intensidade temporal das calamidades, sua tipologia, quantidade e zonas de incidência.

## **B) Definição das estratégias de intervenção mais eficazes**

O quadro da situação habitacional dos Açores requer uma linha estrutural de actuação política transversal a qualquer governo. Ou seja, sobre uma base que o VII e o VIII Governos Regionais estão a construir de protecção do edificado e da implementação de soluções que reduzam a vulnerabilidade sísmica junto da população, outras linhas de médio prazo poder-se-ão erguer ou tomar forma nos diversos projectos políticos.

Apenas duas das nove ilhas do Arquipélago (Flores e Corvo) estão localizadas na chamada placa americana e conseqüentemente são pouco susceptíveis a crises sísmicas, enquanto que as restantes ilhas (grupo oriental e central) integram a placa euro-asiática onde a complexidade das falhas tectónicas é grande e, portanto, são muito vulneráveis às crises sismo-vulcânicas.

Uma grande parte do parque edificado nos Açores é antigo. Em 1997, nos Açores **51,4% do parque era anterior a 1945 e 31,2% anterior a 1918**, enquanto estes valores eram de 25,8% e 15,3% para o País e 39,9% e 21,9% para a Região Autónoma da Madeira. Sabe-se que só a partir do sismo de 1980 é que passaram a ser aplicadas soluções construtivas anti-sísmicas com carácter normativo vinculativo.

Mas, os edifícios habitacionais construídos, após 1980, representam, em 1997, 24,9% do parque habitacional total, um pouco mais que a média no continente e bastante mais (7,4%) que a Região Autónoma da Madeira, a que não é estranha a renovação do parque habitacional na Terceira, Graciosa e São Jorge, fruto da reconstrução do sismo de 1 de Janeiro de 1980.

Verificava-se num passado recente que poucos eram os concelhos que apresentavam uma dinâmica não associada a catástrofes, traduzida num ritmo de construção superior à

média, o que mostra a importância que a resposta às catástrofes tiveram na renovação do parque habitacional dos Açores.

Como consequência da antiguidade do Parque Habitacional, 76% dos edifícios não possuíam betão armado (pilares, vigas e lages), tendo 52% dos mesmos elementos resistentes sob a forma de pedra e 39% das paredes exteriores de pedra não aparelhada e outros materiais (dados de 1991).

Por outro lado, as características vulcânica, geológica e tectónica do Arquipélago, aconselham a ter as construções localizadas a uma distância prudente de falésias e de zonas de risco de cheia ou deslizamento de terras, utilizando-se técnicas construtivas que reduzam os riscos de colapso do edifício em caso de sismo.

Doutro modo, é um imperativo renovar a aposta no sector da habitação por duas ordens de razões. Em primeiro lugar, considerando o potencial efectivo do crescimento populacional dos Açores, pelo menos até ao ano 2020, o que implicará uma crescente procura de habitação por um maior número de famílias, ainda que com menos pessoas/agregado, e, em segundo, a existência de um parque habitacional já caracterizado, desajustado em termos espaciais, de segurança e conforto, que o torna vulnerável e oneroso perante catástrofes naturais que impedem sobre uma região sísmica e vulcânica.

Assim, integram o Programa do VIII Governo Regional medidas políticas como :

1. Intensificar o esforço na reabilitação e conservação do parque habitacional existente, através de medidas adequadas que procurem requalificar as habitações degradadas, nomeadamente, as devolutas;
2. Criar linhas de crédito (incluindo seguros anti-sísmicos) com vista ao reforço estrutural anti-sísmico de edifícios antigos, destinados à habitação, de modo a garantir uma maior segurança e preservação das características arquitectónicas do parque habitacional dos Açores;
3. Proteger as populações que vivem em situações de risco (junto a falésias, orla marítima, taludes, leitos de ribeira, etc.), implementando projectos de salvaguarda habitacional que reforcem a segurança da vida e dos bens dos cidadãos, ou promovendo gradualmente a alteração da sua localização.

Quanto à primeira e segunda medida o novo diploma de apoio à habitação degradada, a ser aprovado no próximo Conselho do Governo Regional, obrigará que todas as intervenções deverão integrar medidas anti-sísmicas elementares como sejam a consolidação das paredes resistentes, preferencialmente com reboco armado, e a solidarização das alvenarias e coberturas, nomeadamente através da execução de cintas de coroamento e tirantes.

O esforço governamental por candidatura situar-se-á em cerca de 3000 contos como tecto máximo de subsídio para reforço sísmico, excepto o apoio a que cada cidadão terá direito.

A criação de linhas de crédito especial para todos os cidadãos com determinados rendimentos, área da habitação ou algum benefício público já adquirido, será uma segunda vertente de abrangência, como incentivo forte ao reforço de habitações menos sólidas, sobretudo, as mais antigas.

Este enquadramento legislativo deixará de fora todos os imóveis que pelas suas características ou localização, não sejam susceptíveis de oferecer segurança aos respectivos ocupantes.

Ainda como ante-projecto legislativo, mas com agenda até Junho, todas as candidaturas à aquisição de habitação apoiadas com erário público terão tectos máximos diferenciados, não no valor do subsídio a conceder, mas no limite de referência.

Assim, por exemplo, poderão ser candidatas as edificações com estrutura anti-sísmica até – 11 ou 12 mil contos enquanto que as sem estrutura poderão ter o seu tecto em 8 ou 9 mil contos.

Esta estratégia de intervenção está a ser implementada e testada a todo o momento na Reconstrução das ilhas do Faial e Pico após a crise sísmica de 9 de Julho de 1998. Tem havido uma grande preocupação em aliar a reparação dos danos à aplicação de técnicas de reabilitação e reconstrução adequadas, cimentadas em bases técnicas sólidas e com critérios objectivos e ajustados à realidade local. A existência de um documento técnico denominado “Regras Gerais de Reabilitação e Reconstrução de Edifícios Correntes afectados pela crise sísmica do Faial, Pico e S.Jorge ”, elaborado por Professores conceituados como Eduardo Cansado Carvalho, Carlos Sousa Oliveira e outros técnicos credenciados do Laboratório Regional de Engenharia Civil, está a ser o suporte para cerca de 2500 reabilitações cujas soluções consistem essencialmente em:

1. Eliminação de deformações;
2. Consolidação de paredes de alvenaria resistente;
3. Consolidação de estruturas de madeira;
4. Solidarização de paredes (coroamento de paredes);
5. Tirantes de travamento de paredes;
6. Modificação local de componentes estruturais;
7. Aumento global da rigidez;
8. Aumento global da resistência;
9. Contraventamento dos pavimentos e coberturas.

A aplicação destas soluções têm vindo a ser acompanhadas de perto por um Gabinete de Apoio Técnico que solicita a intervenção de outras instituições quando tal se mostre necessário. Assim, por exemplo, para caracterização de alvenarias tradicionais e sendo imperioso conhecerem-se as propriedades mecânicas dos materiais constituintes das mesmas, o Governo Regional adjudicou um conjunto de ensaios com este objectivo. Estes ensaios, “in situ”, contaram com a participação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, sob a coordenação do Sr. Prof. Aníbal da Costa.

Julgamos que nesta vertente a Região já possui uma experiência positiva que pretende continuar e aprofundar.

## Conclusão

Com o estudo designado “**Análise e Diagnóstico à habitação apoiada na Região**” (1976-1997), a Direcção Regional da Habitação pretende dar um primeiro passo na realização de um Plano Regional de Habitação. Este primeiro passo limita-se apenas à habitação que recebeu directa ou indirectamente apoio da Administração Pública, em dinheiro, em espécie ou em conhecimentos e serviços. Este estudo com a colaboração do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, através do Sr. Arqtº Reis Cabrita, termina no final deste mês e dele obter-se-ão dados importantes para o futuro da política habitacional.

A “Análise e Diagnóstico” destina-se a avaliar a eficácia da aplicação dos recursos públicos e o funcionamento dos processos promocionais da habitação apoiada nos vários factores que contribuem para a produção, uso e gestão daquela habitação, concretamente: financiamento, solo, urbanização, construção, comercialização, uso, gestão do parque.

Com a CRGRAA como documento enquadrador de futuras medidas políticas de prevenção e segurança; com a contínua consciência que terá de haver vontade e

---

determinação política para ir enquadrando em legislação as sucessivas realidades que sirvam aquilo que deveria ser um desígnio nacional – a Redução da Vulnerabilidade Sísmica – a Região Autónoma dos Açores continuará a dar passos muito seguros para que, embora sendo uma Região Sísmica, se viva com cada vez mais Segurança e Qualidade.

Ribeira Grande, 29 de Março de 2001.



# CONCLUSÕES





## SÍNTESE DO DEBATE

Conforme previsto no programa do Encontro, após a apresentação das comunicações teve lugar um debate, com larga participação dos presentes, no qual foram salientadas as seguintes questões, relativamente às quais se verificou consenso:

1. A melhor forma de reduzir a prazo a vulnerabilidade sísmica da construção é garantir que esta (quer seja nova, quer seja reabilitada) satisfaça à regulamentação vigente. Para isso há que garantir a qualidade do projecto e da execução da obra, acompanhada por fiscalização adequada. Esta questão foi considerada de primordial importância.
2. O projecto de reabilitação sísmica tem especificidades, designadamente quanto a grau de concepção estrutural, que é determinante (porventura superior ao que é requerido no projecto estrutural de construção nova corrente) e ao conhecimento dos materiais e das tecnologias de construção, tanto da construção a reabilitar, como dos inerentes à reabilitação. Por outro lado, a reabilitação sísmica é frequentemente acompanhada de outros componentes de reabilitação, relativos a funcionalidade e adequação de espaços, melhorias das condições de salubridade e conforto, etc.
3. Da especificidade referida em 2. resulta que os técnicos e as empresas envolvidas em acções de reabilitação sísmica devem necessariamente:
  - ter a formação especializada adequada
  - ter um estreito relacionamento com técnicos responsáveis pelas outras componentes de reabilitação. Nomeadamente ao nível do projecto, a colaboração entre arquitectos e engenheiros, desde a fase de concepção, é determinante para o êxito da reabilitação pretendida.
4. As escolas, as associações profissionais e as associações empresariais têm particular responsabilidade na formação escolar e pós-escolar, bem como na acreditação de cursos e de especializações (tanto de técnicos como de empresas) no domínio da reabilitação.
5. No plano legislativo devem igualmente ser consagradas as qualificações profissionais e os alvarás respectivamente dos técnicos e das empresas responsáveis pelo projecto e execução de obras de reabilitação.
6. É indispensável produzir documentação orientadora de acções de reabilitação. Em particular, um Manual de Reabilitação Sísmica dedicado às principais tipologias do património edificado, constitui uma prioridade indiscutível.
7. Há que acelerar a entrada em vigor dos Eurocódigos Estruturais, que abordam a temática da reabilitação com maior profundidade que a regulamentação em vigor, tanto a nível de projecto como a nível de garantia da qualidade da execução das obras.
8. Um aspecto que assume especial relevo na reabilitação sísmica é a caracterização geotécnica. Prosseguir a preparação e divulgação dos procedimentos relativos a escavação, contenção de terrenos e dimensionamento de fundações em zonas de vulnerabilidade sísmica elevada é da maior utilidade.
9. É indispensável ter em conta que um edifício reabilitado sob o ponto de vista sísmico, pelo facto de melhorar a capacidade resistente e a ductilidade passa também a reunir melhores condições de segurança estrutural para outras acções (nomeadamente assentamentos diferenciais, acções térmicas e fendilhação consequente).

10. Integrar explicitamente no programa RECREIA, ou outros programas do mesmo tipo, uma componente de reabilitação sísmica é factível e constituirá certamente um estímulo importante para sensibilizar e dinamizar acções de reabilitação.
11. Implementar Seguros de Obra visando a segurança sísmica merece o acordo da APS – Associação Portuguesa de Seguradores. Implica necessariamente a intervenção de uma entidade independente de controlo técnico que certifique, perante a Companhia de Seguros, a qualidade do projecto e da execução da obra.
12. Para prosseguir a actividade necessária à implementação do Programa objecto do Encontro, a via mais adequada corresponde à seguinte sequência de acções:
  - 12.1. Reformular o Programa de acordo com as conclusões do Encontro e divulgá-lo junto de todas as entidades potencialmente interessadas na sua concretização.
  - 12.2. Sensibilizar Donos de Obra institucionais para a realização de acções-piloto de reabilitação sísmica no património pelo qual são responsáveis (escolas, hospitais, outros edifícios de intensa utilização colectiva, património municipal, etc.)
13. Nas acções com vista à concretização do Programa há que valorizar o esforço que tem vindo a ser desenvolvido nos Açores, traduzido em programas de reabilitação sísmica os quais, à escala da problemática da Região, se podem considerar como paradigmas do Programa Nacional que se pretende desenvolver.
14. As entidades promotoras do presente Encontro – SPES e GECORPA estão vocacionadas para prosseguir a dinamização das acções referidas, com o apoio de todas as entidades interessadas em colaborar e muito especialmente das pessoas e entidades que participaram no Encontro.

# LISTA DE INSCRIÇÕES

Nota: Os inscritos assinalados com ✓ confirmaram a sua presença durante o Encontro.



**Nome:** Eng<sup>o</sup> Adrião José Baptista ✓  
**Entidade:** Universidade da Beira Interior  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Alberto Biosa e Gala ✓  
**Entidade:** APAE - Associação Portuguesa de Avaliações de Engenharia  
**Morada:** Rua António Patrício, nº 26 - R/C  
**Código Postal:** 1700-049 Lisboa  
**Telefone:** 21 792 86 20  
**Fax:** 21 797 41 15  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Amílcar Beringuilho ✓  
**Entidade:** Brera  
**Morada:** Rua Miguel Torga, 2<sup>o</sup> C – Escritório 4.6 Alfragide  
**Código Postal:** 2720-292 Amadora  
**Telefone:** 21 472 54 70  
**Fax:** 21 472 54 71  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Ana Cabral ✓  
**Entidade:** Instituto do Consumidor  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 356 46 13  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng. Aníbal Costa ✓  
**Entidade:** Faculdade de Engenharia do Porto  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 22 508 18 67  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Aníbal Simões Alves Vieira ✓  
**Entidade:**  
**Morada:** R. João de Freitas Branco, 22, 7<sup>o</sup> Esq  
**Código Postal:** Lisboa  
**Telefone:** 21 727 09 68  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** asvieira@teleweb.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> António Cordeiro ✓  
**Entidade:** Monumenta, Lda.  
**Morada:** Rua Marquês de Fronteira, nº 8 - 3º Dto  
**Código Postal:** 1070-296 Lisboa  
**Telefone:** 21 384 41 94  
**Fax:** 21 387 43 14  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** info@monumenta.pt

**Nome:** Prof. António José Arêde ✓  
**Entidade:** FEUP  
**Morada:** R. Dr. Roberto Frias, s/r  
**Código Postal:** 4200-465 Porto  
**Telefone:** 22 508 18 45  
**Fax:** 22 508 18 35  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** arede@fe.up.pt

**Nome:** Prof. Dr. António Mineiro  
**Entidade:** UNL  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Artur Ravara ✓  
**Entidade:** GAPRES  
**Morada:** Av. Eng<sup>o</sup> Arantes e Oliveira, 13 s/l A,B  
**Código Postal:** 1900-221 Lisboa  
**Telefone:** 21 840 87 97  
**Fax:** 21 848 48 44  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** gapres@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Artur Vieira Pinto ✓  
**Entidade:** CCE (CCR) TP421  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Carlos Botelho  
**Entidade:** Presidente do IGAPHE  
**Morada:** Av. 5 de Outubro, 153  
**Código Postal:** Lisboa  
**Telefone:** 21 797 60 17  
**Fax:** 21 793 14 64  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Carlos Marques da Cruz ✓  
**Entidade:** IPPAR Lisboa  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 361 42 00  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Carlos Mesquita  
**Entidade:** OZ, Lda.  
**Morada:** Rua Pedro Nunes, nº 45 - 1<sup>o</sup> Esq.  
**Código Postal:** 1050-170 Lisboa  
**Telefone:** 21 356 33 71  
**Fax:** 21 315 35 50  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** oz.diag@mail.telepac.pt

**Nome:** Prof. Carlos Sousa Oliveira ✓  
**Entidade:** Presidente SPES  
**Morada:** Av. do Brasil, 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 38 33  
**Fax:** 21 844 30 35  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** spes@lnec.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Carlos Trancoso Vaz  
**Entidade:** P&V,Lda  
**Morada:** R. Prof. Sousa Câmara, 157, 4<sup>o</sup>D-F  
**Código Postal:** 1070-215 Lisboa  
**Telefone:** 21 371 43 20  
**Fax:** 21 371 43 29  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** pvconsult@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Daniel Vitorino Castro Oliveira  
**Entidade:** Universidade Minho  
**Morada:** Dep. Eng. Civil - Azurém  
**Código Postal:** 4800-058 Guimarães  
**Telefone:** 25 351 02 00  
**Fax:** 25 351 02 17  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** danvco@eng.uminho.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Eduardo Cansado Carvalho ✓  
**Entidade:** LNEC  
**Morada:** Av. do Brasil, 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 38 24  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Ema Coelho ✓  
**Entidade:** LNEC  
**Morada:** Av. Brasil 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 35 32  
**Fax:** 21 844 30 35  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [ema.coelho@lnec.pt](mailto:ema.coelho@lnec.pt)

**Nome:** Dra. Emília Maria Pais Gomes ✓  
**Entidade:**  
**Morada:** R. 1<sup>o</sup> Dezembro, 7, 2<sup>o</sup>Esq.  
**Código Postal:** 2695-727 S. João da Talha  
**Telefone:** 21 955 19 94  
**Fax:**  
**Telemóvel:** 96 513 17 11  
**e-mail:** [empg@aeiou.pt](mailto:empg@aeiou.pt)

**Nome:** Erich Corsépios ✓  
**Entidade:** MC Arquitectos, Lda.  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 321 99 50  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Faria Queirós ✓  
**Entidade:** ETECLDA  
**Morada:** Calçada dos Mestres, nº1 - 5<sup>o</sup> Esq.  
**Código Postal:** 1070-175 Lisboa  
**Telefone:** 21 387 66 03 / 21 387 82 93  
**Fax:** 21 387 66 09  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dra. Fernanda Maria Oliveira Aires Rodrigues  
**Entidade:** SNPC  
**Morada:** Av. do Forte em Carnaxide  
**Código Postal:** 2799-512 Carnaxide  
**Telefone:** 21 424 71 00  
**Fax:** 21 424 71 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [fernandaa@snp.pt](mailto:fernandaa@snp.pt)

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Fernanda Rocha ✓  
**Entidade:** SNPC  
**Morada:** Av. do Forte em Carnaxide, Edifício da Protecção Civil  
**Código Postal:** 2799-512 Carnaxide  
**Telefone:** 21 424 72 06  
**Fax:** 21 424 71 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [fernandar@snp.pt](mailto:fernandar@snp.pt)



**Nome:** Eng<sup>o</sup> Fernando Domingues  
**Entidade:**  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Flávia Guerra ✓  
**Entidade:** Agência de Inovação  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. Garcia Marques  
**Entidade:**  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Gonçalo Faria de Vasconcellos ✓  
**Entidade:**  
**Morada:** R. 4 de Infantaria, 33, 4<sup>o</sup>  
**Código Postal:** 1350-268 Lisboa  
**Telefone:** 21 385 05 67 /21 322 43 80  
**Fax:** 21 346 59 04  
**Telemóvel:** 91 831 00 70  
**e-mail:** spatium@email.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Gonçalo Marques dos Santos Belo ✓  
**Entidade:** José Lamas e Associados  
**Morada:** Largo de Santos, n<sup>o</sup>1, 1<sup>o</sup>Dto.  
**Código Postal:** 1200-808 Lisboa  
**Telefone:** 21 396 84 84  
**Fax:** 21 397 49 46  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** joselamas@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Helena Cruz  
**Entidade:** Lab. Nac. de Engenharia Civil - Núcleo de Madeiras  
**Morada:** Av<sup>a</sup> do Brasil, 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 32 95  
**Fax:** 21 844 30 25  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** helenacruz@Inec.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Henrique Castelo Teles Claudino ✓  
**Entidade:** Grupo GRAPES  
**Morada:** R. da Junqueira, nº372  
**Código Postal:** 1300-340 Lisboa  
**Telefone:** 21 361 06 21  
**Fax:** 21 362 73 32  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** fisc-hc@gaprobra.pt

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Iolanda Soares ✓  
**Entidade:** OZ, Lda.  
**Morada:** Rua Pedro Nunes, nº 45 - 1<sup>o</sup> Esq.  
**Código Postal:** 1050-170 Lisboa  
**Telefone:** 21 356 33 71  
**Fax:** 21 315 35 50  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** oz.diag@mail.telepac.pt

**Nome:** Dr<sup>a</sup> Isabel Pais ✓  
**Entidade:** Serviço Municipal de Protecção Civil Câmara Municipal de Lisboa  
**Morada:** Rua Cardeal Saraiva  
**Código Postal:** 1070-045 Lisboa  
**Telefone:** 21 782 52 00  
**Fax:** 21 726 85 89  
**Telemóvel:** 96 305 86 82  
**e-mail:** ipais@cm-lisboa.pt

**Nome:** Joaquim Lopes ✓  
**Entidade:** Direcção Regional de Habitação de Açores  
**Morada:** Largo do Colégio nº 4  
**Código Postal:** 9500 Ponta Delgada  
**Telefone:** 296 628 376  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> João Appleton ✓  
**Entidade:**  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> João Azevedo ✓  
**Entidade:** IST  
**Morada:** Av. Rovisco Pais  
**Código Postal:** 1000 Lisboa  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. João Carlos da Fonseca Pereira Bastos ✓  
**Entidade:** A.I.P., Director do Gabinete de Apoio Associativo e Institucional  
**Morada:** Praça das Indústrias  
**Código Postal:** Lisboa  
**Telefone:** 21 360 10 18/ 21 360 11 09  
**Fax:** 21 364 13 01  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [pbastos@aip.pt](mailto:pbastos@aip.pt)

**Nome:** Engº João Pinto da Cruz Malato  
**Entidade:** EC-Engenheiros Consultores, Lda  
**Morada:** R. Passos Manuel, 59, 1ºEsq  
**Código Postal:** 1150-258 Lisboa  
**Telefone:**  
**Fax:** 91 750 51 21  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Engº João Serpa ✓  
**Entidade:** Sec. Regional da Hab. e Equip.; Centro de Promoção de Reconstrução  
**Morada:** Largo do Colégio  
**Código Postal:** Ponta Delgada  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Engº João Varandas ✓  
**Entidade:** Monumenta, Lda.  
**Morada:** Rua Marquês de Fronteira, nº 8 - 3º Dto  
**Código Postal:** 1070-296 Lisboa  
**Telefone:** 21 384 41 94  
**Fax:** 21 387 43 14  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [info@monumenta.pt](mailto:info@monumenta.pt)

**Nome:** Engº Jorge Eduardo Costa Correia ✓  
**Entidade:** GEOCONTROLE  
**Morada:** R. Prof. Moisés Anzalak, nº8, 1ºC  
**Código Postal:** 1600-648 Lisboa  
**Telefone:** 21 715 21 11  
**Fax:** 21 715 04 60  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [jorgecorreia@geocontrole.pt](mailto:jorgecorreia@geocontrole.pt)

**Nome:** Jorge Loureiro ✓  
**Entidade:** APS  
**Morada:** R. Rodrigo da Fonseca, 41  
**Código Postal:** 1250-190 Lisboa  
**Telefone:** 21 721 62 65  
**Fax:** 21 721 62 18  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [jloureiro@bcp.pt](mailto:jloureiro@bcp.pt)

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Luís Pina Henriques ✓  
**Entidade:** OZ, Lda.  
**Morada:** Rua Pedro Nunes, nº 45 - 1<sup>o</sup> Esq.  
**Código Postal:** 1050-170 Lisboa  
**Telefone:** 21 356 33 71  
**Fax:** 21 315 35 50  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** oz.diag@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Manuel Charneira ✓  
**Entidade:** Câmara Municipal do Seixal  
**Morada:** Rua da União  
**Código Postal:** 2840 Seixal  
**Telefone:** 21 227 15 80  
**Fax:** 21 222 30 55  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Manuel de Sena Cruz  
**Entidade:** Universidade Minho  
**Morada:** Campus de Azurém  
**Código Postal:** 4800-058 Guimarães  
**Telefone:** 25 351 01 44 / 25 351 02 00  
**Fax:** 25 351 02 17  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** jsena@civil.uminho.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Paulo Costa  
**Entidade:** STAP, SA  
**Morada:** Rua Marquês de Fronteira, nº 8 - 3<sup>o</sup> Dto  
**Código Postal:** 1070-296 Lisboa  
**Telefone:** 21 371 25 80  
**Fax:** 21 385 49 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** stap@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Pedro Pereira Moura ✓  
**Entidade:** STAP, SA  
**Morada:** Rua Marquês de Fronteira, nº 8 - 3<sup>o</sup> Dto  
**Código Postal:** 1070-296 Lisboa  
**Telefone:** 21 371 25 80  
**Fax:** 21 385 49 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** stap@mail.telepac.pt

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José Rui Mascarenhas  
**Entidade:** IPPAR Lisboa  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 361 42 00  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> José S. Brazão Farinha  
**Entidade:** Metropolitano de Lisboa  
**Morada:** R. das Garridas, nº5  
**Código Postal:** 1500-304 Lisboa  
**Telefone:** 21 760 33 22  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome** Dr<sup>a</sup> Leonor Coutinho ✓  
**Entidade:** Secretária de Estado da Habitação  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** **Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. Lino Fernandes ✓  
**Entidade:** Agência Inovação  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. Luís Magalhães  
**Entidade:** INH  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:** 21 727 27 68  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Luís Santos  
**Entidade:** STAP, SA  
**Morada:** Rua Marquês de Fronteira, nº 8 - 3<sup>o</sup> Dto  
**Código Postal:** 1070-296 Lisboa  
**Telefone:** 21 371 25 80  
**Fax:** 21 385 49 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** stap@mail.telepac.pt

**Nome:** Luís Filipe Monteiro ✓  
**Entidade:** Enge Consult  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:** 91 923 97 12  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Luís Machado ✓  
**Entidade:** Brisa  
**Morada:** Quinta da Torre da Aguilha  
**Código Postal:** 2785-599 S. Domingos de Rana  
**Telefone:** 21 444 88 46  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dra. Luísa Albergaria  
**Entidade:** DGA  
**Morada:** Rua da Murgueira - Zambujal, Apartado 7585 Alfragide  
**Código Postal:** 2720-392 Amadora  
**Telefone:** 21 472 82 38  
**Fax:** 21 471 90 74  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** luisa.albergaria@dga.min-amb.pt

**Nome:** Dr<sup>a</sup> Luísa Senos  
**Entidade:** Instituto de Meteorologia  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dra. Luisa Sousa  
**Entidade:** LNEC  
**Morada:** Av. do Brasil, 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 38 33  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng. Mafalda Pereira ✓  
**Entidade:** Câmara Municipal do Seixal  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 227 57 00  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Manuel Brazão Farinha ✓  
**Entidade:** TECNOCRETE, Lda  
**Morada:** R. Pedro Nunes, 27 - 1<sup>o</sup> Dto  
**Código Postal:** 1050-170 Lisboa  
**Telefone:** 21 312 99 38  
**Fax:** 21 356 19 07  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. Manuel Ramalho  
**Entidade:** ECOIMÓVEL  
**Morada:** Av. Estados Unidos da América, 142 - 3ºDto  
**Código Postal:** 1700-180 Lisboa  
**Telefone:** 21 781 80 00 /21 799 36 79  
**Fax:** 21 797 08 90  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** ecoimovel@clix.pt

**Nome:** Prof. Dr. Maranha das Neves  
**Entidade:** IST  
**Morada:** Av. Rovisco Pais  
**Código Postal:** 1000 Lisboa  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dra. Maria Alexandre S. Anderson  
**Entidade:** SNPC  
**Morada:** R. Pedro Nunes, 2 - 2º Dto Fte  
**Código Postal:** Lisboa  
**Telefone:**  
**Fax:** 21 456 74 39  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** manderson@snp.pt

**Nome:** Engª Maria de Fátima Glória Xavier Teixeira ✓  
**Entidade:** ANEOP  
**Morada:** Rua Castilho, 57 - R/C Dto.  
**Código Postal:** Lisboa  
**Telefone:** 21 382 55 20  
**Fax:** 21 386 15 38  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** fatima@aneop.pt

**Nome:** Engª Maria de Lurdes Alvarez ✓  
**Entidade:** CML  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dra. Maria Rosa Dias  
**Entidade:** IMOPPI, Presidente do Conselho de Administração  
**Morada:** Av. Duque de Loulé, 110  
**Código Postal:** 1069-010 Lisboa  
**Telefone:** 21 313 61 00  
**Fax:** 21 352 97 67  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** [imoppi@mail.telepac.pt](mailto:imoppi@mail.telepac.pt)

**Nome:** Eng<sup>a</sup> Maria de Lurdes Magalhães ✓  
**Entidade:** INH  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Mário David dos Santos ✓  
**Entidade:** Vilanorte Construções,Lda  
**Morada:** Campo Pequeno 50 – 1<sup>o</sup> Dto.  
**Código Postal:** 1000 Lisboa  
**Telefone:** 21 797 93 50  
**Fax:** 21 797 94 15  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Mário Santos Lopes ✓  
**Entidade:** Instituto Superior Técnico, Dept. de Eng<sup>a</sup> Civil e Arquitectura  
**Morada:** Av. Rovisco Pais  
**Código Postal:** 1000 Lisboa  
**Telefone:** 21 841 82 12  
**Fax:** 21 841 82 00  
**Telemóvel:** 96 648 52 62  
**e-mail:** mlopes@civil.ist.unl.pt

**Nome:** Prof. Dr. Mendes Victor  
**Entidade:** FCUL  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Eng<sup>o</sup> Miguel Paupério ✓  
**Entidade:** Grupo BCP  
**Morada:** Rua do Ouro, 130  
**Código Postal:** 1100-576 Lisboa  
**Telefone:** 21 325 06 41  
**Fax:** 21 325 04 49  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Prof. Dr. Nogueira Leite ✓  
**Entidade:** UNL  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**



**Nome:** Engº Nuno Ribeiro Gomes ✓  
**Entidade:** ENGE-Consult  
**Morada:** Av. de Berna 5, 2º  
**Código Postal:** 1050 Lisboa  
**Telefone:** 21 799 99 10  
**Fax:** 21 799 99 17  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** engecon@esoterica.pt

**Nome:** Engª Paula Fonseca ✓  
**Entidade:**  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Prof. Paula Teves Costa ✓  
**Entidade:** FCUL  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Engº. Paulo Baptista ✓  
**Entidade:** APS  
**Morada:** R. Rodrigo da Fonseca, 41  
**Código Postal:** 1250-190 Lisboa  
**Telefone:** 21 384 81 00  
**Fax:** 21 383 14 30  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** pbaptista@apseguradores.pt

**Nome:** Engº Paulo Candeias  
**Entidade:** LNEC  
**Morada:** Av. Brasil 101  
**Código Postal:**  
**Telefone:** 21 844 38 24  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Prof. Raimundo Delgado ✓  
**Entidade:** FEUP  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Dr. Ricardo José Moniz da Silva ✓  
**Entidade:** Direcção Regional da Habitação - Açores  
**Morada:** Largo do Colégio  
**Código Postal:** Ponta Delgada  
**Telefone:** 29 628 21 79  
**Fax:** 29 662 83 76  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** info@drh.raa.pt

**Nome:** Engº Rogério Bairrão ✓  
**Entidade:** LNEC  
**Morada:** Av. do Brasil, 101  
**Código Postal:** 1700-066 Lisboa  
**Telefone:** 21 844 38 24  
**Fax:** 21 844 30 35  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** bairrao@lnec.pt

**Nome:** Dra. Sandra Maria Sacramento Serrano ✓  
**Entidade:** SNPC  
**Morada:** Av. do Forte em Carnaxide  
**Código Postal:** 2799-512 Carnaxide  
**Telefone:** 21 424 71 00  
**Fax:** 21 424 71 80  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** sandras@snp.pt

**Nome:** Srª D. Teresa Bastos  
**Entidade:** EDIDECO  
**Morada:** Av. Engº Arantes e Oliveira, nº 13 - 1º B  
**Código Postal:** 1900-221 Lisboa  
**Telefone:** 21 841 08 00  
**Fax:** 21 841 08 02  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** tbastos@edideco.pt

**Nome:** Dr. Tomé Pedroso ✓  
**Entidade:** Companhia de Seguros Tranquilidade, SA  
**Morada:** Av. da Liberdade, 242 - 4º  
**Código Postal:** 1124-802 Lisboa  
**Telefone:** 21 350 38 02  
**Fax:** 21 350 35 81  
**Telemóvel:**  
**e-mail:** tome.pedroso@tranquilidade.pt

**Nome:** Engº Vitor Cóias e Silva ✓  
**Entidade:** GeCorpa  
**Morada:**  
**Código Postal:**  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Telemóvel:**  
**e-mail:**

**Nome:** Engº Vitor Hugo Ramalho da Costa França

**Entidade:** TRIEDE, SA

**Morada:** R. Margarida Palla, 9A

**Código Postal:** 1495-143 Algés

**Telefone:** 21 412 21 00

**Fax:** 21 412 21 40

**Telemóvel**

**e-mail:** [triede@triede.pt](mailto:triede@triede.pt)