

## **Resumo**

O estudo do comportamento sísmico de pontes de betão armado, em que se procurou avaliar a sua vulnerabilidade sísmica considerando o comportamento não linear material, constitui o principal objectivo desta tese. Procurou-se, ainda, que as metodologias de análise propostas para a determinação da resposta sísmica, quer no que se refere à tradução do comportamento não linear, quer no que respeita à modelação estrutural, sejam de fácil aplicação prática e envolvendo reduzidos tempos de cálculo, de modo a poderem contribuir para o desenvolvimento de procedimentos que possam ser adoptados no dimensionamento e verificação corrente de estruturas, mas mantendo um nível de rigor suficientemente adequado.

A partir de leis de comportamento material do aço e do betão estabeleceram-se modelos que permitem a idealização do comportamento não linear de elementos de betão armado, primeiro sujeitos a carregamentos monotónicos e, a partir destes, para carregamentos cíclicos.

A modelação estrutural da ponte foi feita com elementos de barra planos, em que se considera o comportamento não linear concentrado em rótulas plásticas, e em que os principais aspectos do comportamento tridimensional são mantidos, no âmbito do modelo plano, através de uma apropriada simulação estrutural. A avaliação da vulnerabilidade sísmica foi efectuada através da quantificação da probabilidade de ruína envolvendo uma transformação não linear da acção sísmica nos seus efeitos na estrutura.

Os diversos procedimentos envolvidos na metodologia adoptada foram ensaiados, quer na avaliação da importância dos diferentes parâmetros intervenientes na modelação material e estrutural, quer na sua aferição através da comparação com resultados experimentais e numéricos obtidos por outros autores.

Finalmente, apresentam-se dois exemplos de aplicação, ilustrando a aplicabilidade do modelo na análise da vulnerabilidade sísmica de pontes em betão armado, sendo a primeira resultante de vários estudos experimentais e numéricos em Ispra, Itália, servindo deste modo como calibração global da metodologia proposta, e a segunda construída nos anos 70 em Warth, Áustria, em que se procurou avaliar a necessidade do seu reforço.

## **Abstract**

The main purpose objective of this thesis is the study of the seismic behaviour of reinforced concrete bridges, aiming to assess its seismic vulnerability, insomuch as the non linear material behaviour. Moreover, it is aimed that the analysis methodologies to the proposed seismic response -considering either the laws for the non linear behaviour and the structural modelling-, are easy in its practical application and involve short computing time, in order to contribute for the development of procedures

that could be adopted for the design of current structures, though maintaining an adequate level of accuracy.

Based on the material behaviour laws for steel and concrete, models which allow the definition of the non linear behaviour of the reinforced concrete elements are established, firstly under monotonic loads and, there upon on these ones, cyclic loads are considered.

On the scope of the model and throughout an adequate structural simulation, the structural model of the bridge has been performed with plane bars elements, where the non linear behaviour is concentrated at plastic hinges, though the main aspects of the three dimensional behaviour are maintained. The seismic vulnerability assessment has been performed by means of the collapse evaluation probability, involving a non-linear transformation of the structural load into the corresponding effects upon the structure.

The several procedures involved in the proposed methodology has been tested, either in the evaluation of the different parameters used on the material and structural modelling, or in its calibration, when compared to the numerical and experimental results obtained from other authors.

Finally, two application examples, exhibiting the ability of the model for the seismic vulnerability assessment of reinforced concrete bridges are presented. The first has been object of several experimental and numerical studies in Ispra, Italy, allowing a global calibration of the proposed methodology; and the second built in the seventies in Warth, Austria, having as goal the assessment of retrofiting need.