

## 2 Considerações iniciais

Os sistemas chamados secundários são apêndices a uma estrutura principal e que recebem através dessa a excitação; como exemplo pode-se citar os sistemas de tubulações e equipamentos. Têm como características preponderantes o elevado número de graus de liberdade, a sua multiplicidade e variabilidade.

No processo de definição do projeto sísmico para sistemas secundários, o método de análise apropriado é determinado seletivamente a partir das características desses sistemas. Grande parte destes, por não se apresentarem tão sensíveis para necessitarem de uma análise dinâmica acurada e nem tão simples para realização de procedimentos pseudo-estáticos, requerem uma análise sísmica que propicie um projeto compatível em termos de segurança e de custo. Sendo assim, uma Análise Modal Espectral, por suas características de simplicidade e generalidade, tem sido comumente utilizada para esse grupo de sistemas secundários sobre o qual focaliza-se a atenção do presente desenvolvimento.

No Método de Análise Modal Espectral a estrutura é decomposta em vários sistemas com um grau de liberdade (modos de vibração), e a cada um deles é atribuída a amplificação máxima prescrita no espectro de resposta (de projeto) para o oscilador simples com a frequência e o amortecimento correspondentes ao modo em consideração. Os fatores de amplificação máximos concentram, modo a modo, todo o efeito dinâmico do sismo sobre a estrutura, e podem ser obtidos quer no domínio do tempo ou da frequência.

$$v_i = c_i \phi_i |FAI_i|_{\max} \quad (2)$$

$v_i$  - contribuição máxima do modo  $i$  no deslocamento total,  $v|_{\max}$

$c_i$  - fator de participação do modo  $i$

$\phi_i$  - modo de vibração com frequência natural  $\omega_{0i}$

$|FAI_i|_{\max}$  - fator de amplificação instantâneo  $i$ , máximo; ordenada do espectro de resposta (de projeto) para o oscilador simples, com frequência  $\omega_{0i}$  e fator de amortecimento,  $\xi_i$ .

Há, no entanto, alguns aspectos a serem considerados na obtenção de espectros de resposta para a análise modal espectral de sistemas secundários, uma vez que:

- trata-se de um SS, acoplado a outra estrutura, o sistema principal, SP, com a qual mantém uma reduzida relação de massa, normalmente não superior a 0,02; em consequência, a interação entre as propriedades dinâmicas é limitada, mas, por outro lado, o SP funciona como um filtro para a excitação, valorizando e projetando sobre o SS as componentes da excitação de frequências próximas às do SP;
- a interação entre os dois sistemas, presidida pela relação entre a frequência natural do sistema secundário,  $\omega_{ss}$ , e a frequência natural,  $\omega_{sp}$ , do SP, pode provocar sensíveis variações entre os espectros de resposta do sistema secundário, calculados de forma acoplada ou não ao SP (Asfura e Der Kiureghian, 1986 ; Gupta, A e Gupta, AK, 1995).
- os sistemas secundários apóiam-se, via de regra, em vários pontos (nós) do SP havendo, durante o movimento, deslocamentos relativos entre os pontos de apoio cuja influência deve ser considerada na produção do espectro [Gupta, AK,1986; Gupta, A e Gupta, AK, 1995];
- os sistemas secundários são estruturas relativamente flexíveis e formadas por elementos de material dútil habilitando-os à dissipação de energia ao longo de fases não lineares e inelásticas do seu desempenho; tal verifica-se quer ao longo dos tubos, quer nas conexões e quer ainda nos pontos de apoio no SP, os chamados suportes (Slagis,1995; Endo e Murota, 1995).

- os sistemas secundários que têm seu projeto sísmico definido através de uma análise modal espectral são, em geral, formados por sistemas de tubulação que ficam sujeitos a elevadas variações de temperatura. Entretanto, a possível influência da ação de temperatura na análise dinâmica desses sistemas ainda não tem sido bem explorada dentro do contexto de obtenção de espectros de resposta.

O movimento relativo dos suportes, o acoplamento entre os sistemas principal e secundário e a consideração da ductilidade do material, têm sido objeto de estudos da comunidade científica ligada ao assunto e têm importância amplamente reconhecida, no sentido de se trabalhar com espectros de resposta mais consistentes e realistas, embora ainda não haja consenso ou uma definição na forma de incorporar os efeitos dessas considerações nos espectros de resposta.

A consideração da variação da temperatura nos sistemas de tubulação é um dos tópicos a serem abordados no presente desenvolvimento, a fim de avaliarem-se as possíveis alterações nos espectros de resposta e de ductilidade obtidos para cargas dinâmicas (sismo) decorrentes da ação térmica aliada aos efeitos do comportamento não-linear inelástico do material.