

8 Conclusões e Sugestões

8.1. Conclusões

Os objetivos do trabalho foram alcançados, demonstrando a influência da não-linearidade do pêndulo absorvor na resposta do sistema e propondo um sistema de controle híbrido eficiente.

Um estudo paramétrico detalhado no domínio do tempo mostrou a influência dos parâmetros físicos e geométricos do sistema na capacidade do absorvor pendular de reduzir as amplitudes de vibração da coluna. Os resultados indicaram que em muitas situações o pêndulo pode amplificar a resposta da coluna. Desse estudo, tem-se que o pêndulo deve ser calibrado com uma frequência menor que a de excitação quando $\omega_e < \omega_c$ e uma frequência maior que a de excitação quando $\omega_e > \omega_c$.

A análise no domínio da frequência da influência da não-linearidade geométrica do pêndulo mostrou a importância dessa na resposta do sistema, evidenciando que a não-linearidade não pode ser desprezada nessa classe de problema. A qualidade dos resultados foi demonstrada através da comparação entre os resultados obtidos no domínio da frequência, pelo método aproximado de Galerkin-Urabe, e os resultados obtidos no domínio do tempo por integração numérica das equações de movimento não-lineares.

Com base nos resultados, foi proposto um absorvor pendular híbrido, que consiste de um elemento passivo (absorvor pendular) e um elemento ativo (atuador). Na análise desse novo dispositivo verificou-se que a força de controle atua quando o absorvor pendular começa a se mover. Após o absorvor atingir as amplitudes necessárias para controlar as oscilações da coluna, as amplitudes da força de controle diminuem significativamente. Observou-se, ainda, que esse controle pode praticamente anular as oscilações do sistema na região de ressonância.

O controle híbrido mostrou-se bem mais eficiente que o passivo, sem um grande gasto de energia. Demonstrando, a priori, ser um bom mecanismo de controle de vibrações de torres esbeltas. Entretanto são necessários alguns estudos adicionais para que seja comprovada a eficiência do controle híbrido.

8.2. Sugestões

O controle de vibrações de estruturas é uma área de pesquisa em franca expansão. Como se pode observar ao longo deste trabalho, existem vários tópicos importantes cujo estudo deve ser aprofundado. Dentre esses, pode-se enumerar como continuação natural desta dissertação, os seguintes tópicos:

- Estudo sobre o emprego de novos materiais ou materiais inteligentes (materiais piezelétricos, materiais com memória forma, fluidos eletro-reológicos e magneto-reológico) no controle híbrido ou adaptativo de vibrações. Nesse contexto, podem ser citados os trabalhos recentes de Carlson & Jolly (2000), Williams *et al.* (2005), Nagarajaiah & Varadarajan (2005) e Winthrop *et al.* (2005);
- Aprofundamento da análise não-linear através de métodos numéricos e aproximados para a análise de sistemas dinâmicos não-lineares. Uma revisão detalhada desses métodos pode ser encontrada no trabalho de Del Prado (2001);
- Análise de aspectos práticos relativo à instalação do absorvor pendular e do controle híbrido em torres. Neste contexto, pode-se citar os trabalhos de Korenev & Reznikov (1993) e Soong & Dargush (1997);
- Estudo do absorvor pendular com impacto para se obter uma maior dissipação de energia. Neste campo tem-se os trabalhos de Collette (1998) e Veprik & Babitsky (2001).