

Alterações do Comportamento Vibratório devido à Esteira Formada a Montante de Corpos Cilíndricos

Renata F. M. Rocha*, Hélio Ribeiro Neto, João Marcelo Vedovoto, Aldemir A. Cavalini Junior

*MFLab - Laboratório de Mecânica dos Fluidos / LMEst - Laboratório de Mecânica de Estruturas, renatarocha@ufu.br

Palavras-chave
Spool, vibrações, esteira

1. INTRODUÇÃO

Estruturas imersas em escoamentos de fluidos tornam-se cada vez mais problemáticas para os engenheiros e pesquisadores, após passados mais de cem anos em que a primeira aeronave decolou, após o desabamento de pontes e edifícios que marcaram a história, a constante busca pelo desenvolvimento aeroespacial, e a preocupação com a preservação do meio ambiente, os cientistas voltaram os seus olhares para o estudo do comportamento estrutural sob a ótica do problema multifísico, ou seja, aprofundaram sobre como modelar, resolver e discutir estruturas e escoamentos de fluidos que interagem entre si.

De acordo com Paidoussis (2010), quando esses escoamentos são suficientemente eficazes para ocasionar alterações significativas nos movimentos dessas estruturas, inevitavelmente, elas são sujeitas a forças induzidas pelo escoamento e sujeitas a vibrações induzidas por essas forças. Ainda segundo Paidoussis (2010), sob certas condições, essas vibrações podem ser auto excitadas, e, nesses casos, geralmente se refere a elas como instabilidades. Essas instabilidades e, mais especificamente, as condições sob as quais surgem são de grande importância aos projetistas e operadores dos sistemas em questão, devido ao fato de que essas instabilidades são potenciais significativos ao dano das estruturas a curto prazo. Por outro lado, conforme Rocha (2017), a não ocorrência dessas instabilidades ainda persiste como um problema, uma vez que uma estrutura está mais sujeita à fadiga quando vibra de maneira desnecessária para o seu funcionamento, assim, sua vida útil se compromete, sendo necessária a sua substituição e o seu descarte prematuros, o que, evidentemente, não é bom para o meio ambiente e para a lucratividade da empresa que a opera.

2. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso construído para a realização desse trabalho consiste em realizar a modelagem e simulação de um *Spool* (Fig. 1) imerso no oceano. Com a finalidade de se extrair conclusões relativas ao tema proposto, foram avaliados 3 casos. No primeiro caso, o escoamento marítimo incide com velocidade de 0,77 m/s ao longo da direção +X. No segundo caso, o escoamento incide com velocidade de 0,54 m/s ao longo da direção +X e 0,54 m/s ao longo da direção +Y. Finalmente, no terceiro caso, o escoamento incide com velocidade de 0,77 m/s ao longo da direção +Y.

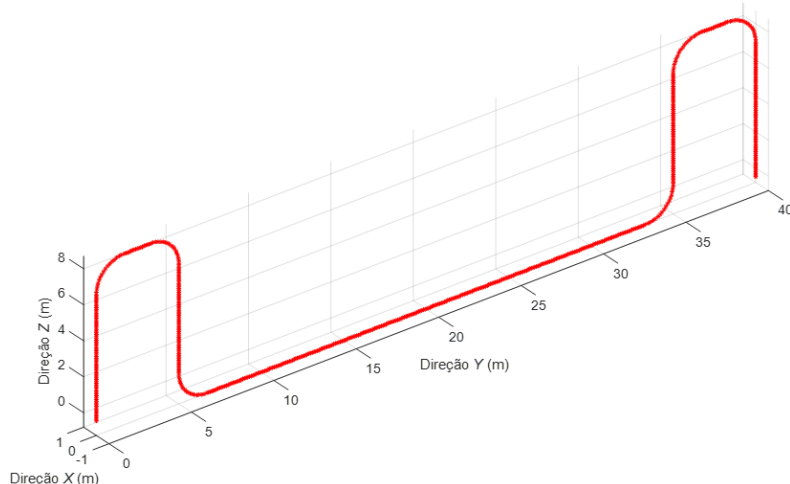


Figura 1: Modelo de elementos finitos do *Spool* considerado para o presente estudo.

2.1. Modelo Matemático

O modelo matemático desse problema consiste nos modelos matemáticos do fluido e da estrutura e um modelo de acoplamento. O modelo matemático do fluido é composto pela equação do balanço de massa (Eq. 1) e pela equação do balanço de quantidade de movimento linear. Essas equações são escritas de tal forma que considera que se trata de um fluido newtoniano, escoamento incompressível, isotérmico e com propriedades físicas constantes. Para levar em conta os efeitos da turbulência foi utilizada uma metodologia *LES* (*Large eddy simulation*) com o modelo sub-malha dinâmico. A Eq. 2 representa o balanço de quantidade de movimento linear devidamente filtrada de acordo com a metodologia LES proposta.

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0, j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\nu_{ef} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

O modelo matemático da estrutura foi construído utilizando-se o elemento de viga de Timoshenko com 6 graus de liberdade por nó. Segundo Rocha (2017), a Eq. 3 representa o conjunto de equações do movimento do Spool a nível global. Para realizar a solução do problema fluido-estrutural foi utilizada a metodologia da fronteira imersa e o método de acoplamento forte. Na Eq. 3, M é a matriz de massa, C é a matriz de amortecimento, K é a matriz de rigidez, q é o vetor dos deslocamentos, W representa a força peso e F é o vetor das forças produzidas pelo fluido.

$$[M^G] \{\ddot{q}\} + [C^G] \{\dot{q}\} + [K^G] \{q\} = W + F \quad (3)$$

2.2. Resultados

Os resultados obtidos são mostrados nas Figs. 2, 3 e 4, onde são apresentadas as transformadas rápidas de Fourier de 4 nós estrategicamente selecionados da malha estrutural. Pode observar na Fig. 2 que, independentemente do nó utilizado, as frequências associadas as maiores amplitudes de vibração permanecem iguais. O mesmo fato pode ser observado na Fig. 3. Contudo, um resultado diferente é mostrado na Fig. 4. A influência das esteiras à montante dos nós analisados foi suficiente para alterar os seus movimentos e, dessa forma, as respostas de vibração medidas se mostraram diferentes em amplitude e frequência.

Além disso, os nós indicados nas cores azul e vermelho são sempre os que possuem as menores amplitudes de vibração. Isto ocorre porque estão posicionados próximos as regiões de engaste do *Spool*, que são os nós das extremidades. Ainda, o nó indicado em vermelho possui amplitude de vibração maior do que o nó em azul. Este comportamento está associado com a esteira que é perturbada pelas 3 estruturas cilíndricas a montante.

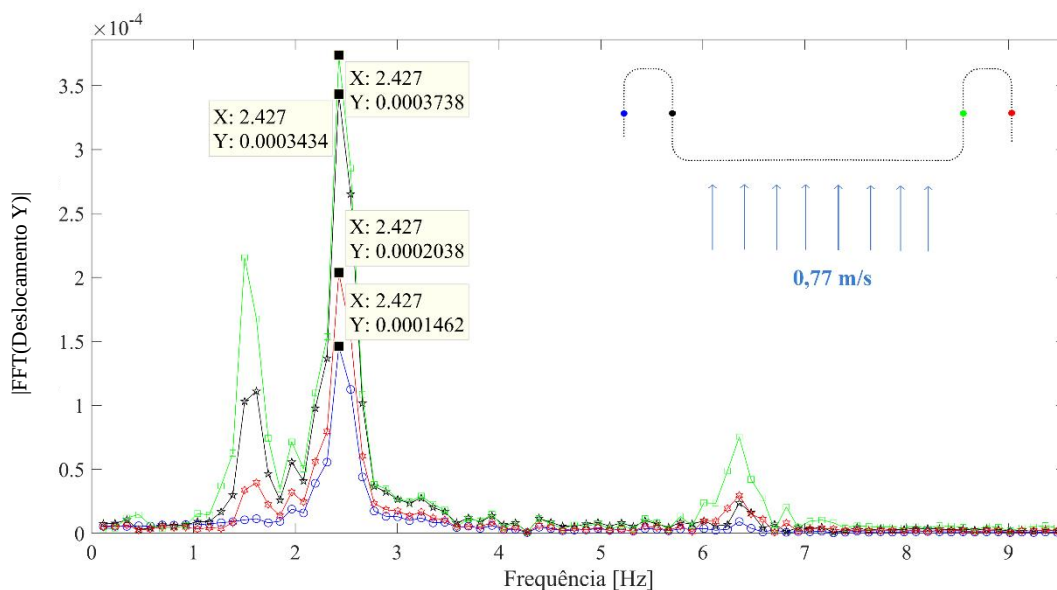


Figura 2: Transformada rápida de Fourier discreta para o primeiro caso simulado.

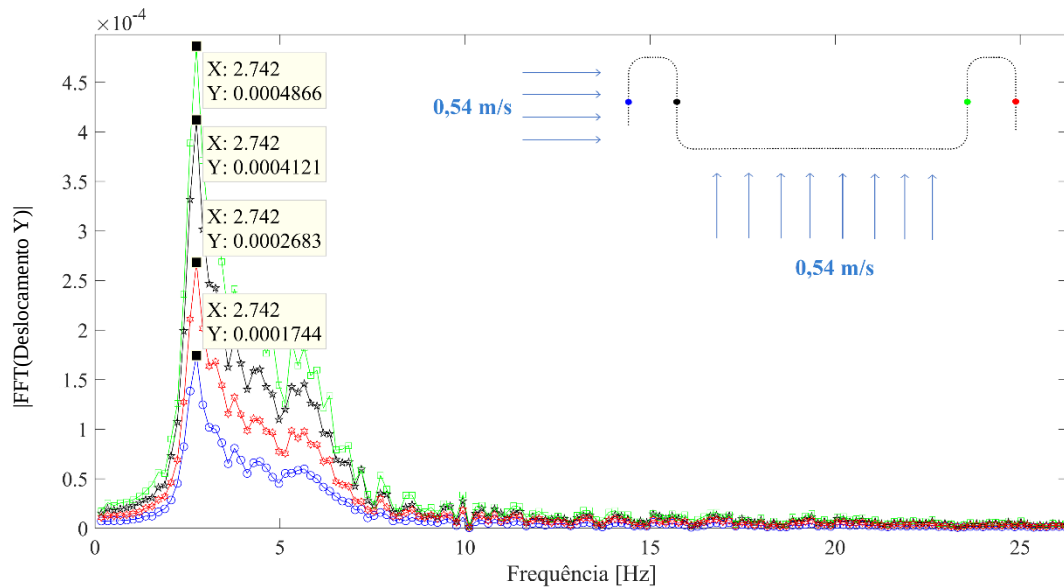


Figura 3: Transformada rápida de Fourier discreta para o segundo caso simulado.

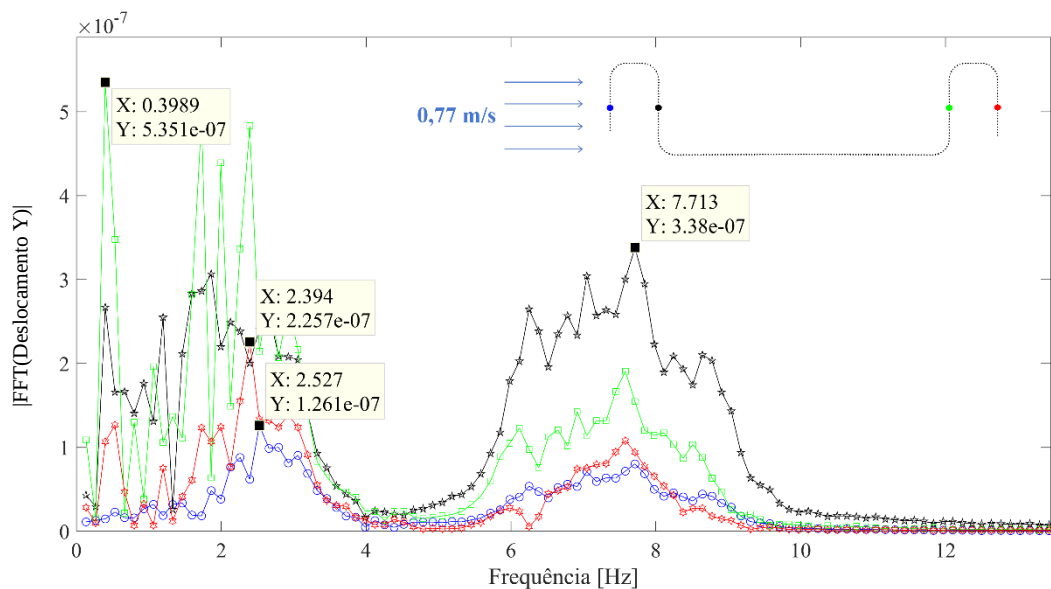


Figura 4: Transformada rápida de Fourier discreta para o terceiro caso simulado.

3. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Brasil (FAPEMIG) e da Petrobrás.

4. REFERÊNCIAS

- Paidoussis, M.P.; Price, S.J.; de Langre, E. “Fluid Structure Interactions”. *Cross-Flow-Induced Instabilities*, 2010, pp. 105-153.
- Ribeiro Neto, H.; Cavalini Jr., A.A.; Vedovoto, J.M.; Silveira Neto, A.; Rade, D.A. “Influence of seabed proximity on the vibration responses of a pipeline accounting for fluid-structure interaction”. Universidade Federal de Uberlândia, 2018.
- Rocha, R.F.M. “Modelagem Matemática do Spool 3D em Elementos Finitos”. Monografia. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.