

ESTUDO AERODINÂMICO DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE PASSIVO DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS POR VÓRTICES

Letônio José da Silva¹; Gustavo Bono²

¹Estudante do Curso de Engenharia Civil – CAA – UFPE; E-mail: letoniojs@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Núcleo de Tecnologia – CAA – UFPE. E-mail: bonogustavo@gmail.com.

Sumário: Este trabalho tem como finalidade investigar o comportamento de dois supressores de Vibrações Induzidas por Vórtices (VIV) em corpos rombudos do tipo *fairings*. O primeiro, denominado tipo “A”, apresenta uma carenagem similar a um aerofólio, enquanto que o tipo “B” resulta do truncamento transversal do primeiro na região do bordo de fuga. Para resolver as equações de Navier-Stokes emprega-se o programa baseado no Método dos Elementos Finitos, HEXAFEM_3D_IFF (Bono et al., 2011). Analisando os resultados, observa-se que todos os *fairings* conseguem reduzir a amplitude das oscilações transversais, comprovando a eficácia dos atenuadores. Na maior parte dos casos, o dispositivo tipo “A”, mostrou-se um pouco mais eficiente que o tipo “B”.

Palavras-chave: corpos rombudos; dispositivos passivos; vibrações induzidas por vórtices;

INTRODUÇÃO

Um objeto quando imerso em uma corrente de fluido, gera a separação do escoamento próximo a sua superfície. Dependendo da relação entre as forças viscosas e de inércia atuantes neste escoamento instabilidades podem ocorrer, causando a formação e o desprendimento de vórtices à jusante deste corpo, conhecida como esteira de Von Kármán. A formação de vórtices pode modificar sensivelmente a dinâmica da estrutura, ocasionando flutuações no campo de pressões e conseqüentemente alterações nas forças de arrasto e sustentação. Caso o cilindro esteja livre para oscilar esta flutuação pode originar o fenômeno conhecido como Vibrações Induzidas por Vórtices (VIV). Esse fenômeno provoca o surgimento de vibrações na estrutura. Dentre os problemas ocasionados por tais vibrações, pode-se citar o não funcionamento adequado da estrutura, o desgaste ou falha prematura devido à fadiga e o colapso da estrutura quando exposta a condições extremas de carregamento.

A investigação e o melhor entendimento do fenômeno de VIV permite o desenvolvimento de estratégias que objetivam prevenir o colapso estrutural precoce das estruturas envolvidas neste tipo de escoamento. A utilização de carenagens, *fairings*, em forma semelhante a um aerofólio diminui as instabilidades do escoamento e possibilita diminuir tanto as vibrações como o arrasto na estrutura.

No presente trabalho, apresenta-se um estudo paramétrico dos coeficientes aerodinâmicos de alguns dispositivos passivos para o controle das VIV. Analisa-se o efeito causado pela presença das carenagens, variando-se o comprimento e a geometria, além de variar o número de Reynolds.

METODOLOGIA DO TRABALHO

Neste trabalho empregou-se o programa HEXAFEM_3D_IFF (Bono et al., 2011; Cabral et al., 2012). O escoamento é analisado empregando as equações de Navier-Stokes e uma equação de conservação de massa considerando a hipótese de pseudo-compressibilidade

para problemas isotérmicos. As equações são resolvidas empregando o Método dos Elementos Finitos, usando uma série de Taylor e o clássico método de Bubnov-Galerkin para a discretização do tempo e do espaço, respectivamente. Para a discretização do domínio espacial utiliza-se o elemento isoparamétrico hexaédrico de oito nós. As matrizes do elemento correspondentes são obtidas analiticamente, empregando integração numérica reduzida. O problema 2-D foi modelado geometricamente como um problema tridimensional (1 elemento hexaédrico na direção perpendicular) sendo adotadas as condições de contorno para simular um escoamento bidimensional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisaram-se as características aerodinâmicas de cilindros circulares com dispositivos atenuadores/supressores de tipo *fairing*. Os dispositivos foram simulados para número de Reynolds igual a 100 e 160, com carenagens tipos “A” e “B” e relações $L/D=1.5, 2.0$ e 2.5 . Foram analisados dois tipos de carenagens: o primeiro, nomeada tipo “A”, apresenta um perfil similar a um aerofólio; o segundo, nomeada tipo “B”, trata-se do perfil anterior com um corte na região do borde de fuga, de modo que o comprimento real da carenagem seja $(D+L)/2$, ver Figura 1.

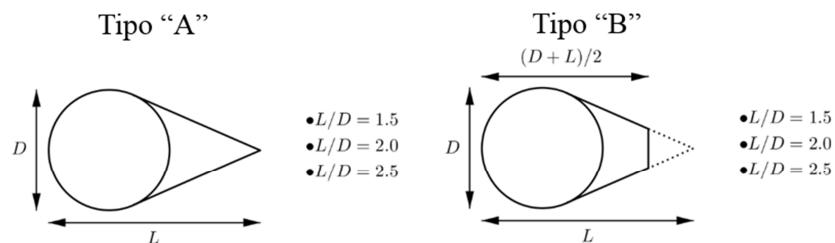


Figura 1: Geometria das carenagens estudadas. Completa tipo “A”. Cortada tipo “B”. $L/D = 1.5, 2.0, 2.5$

Na Figura 2, apresenta-se a distribuição de pressão e as linhas de corrente para o cilindro circular (CC) sem carenagem, um aerofólio NACA 0012 e para os *fairings* com relações $L/D=1.5, 2.0$ e 2.5 , completo e cortado.

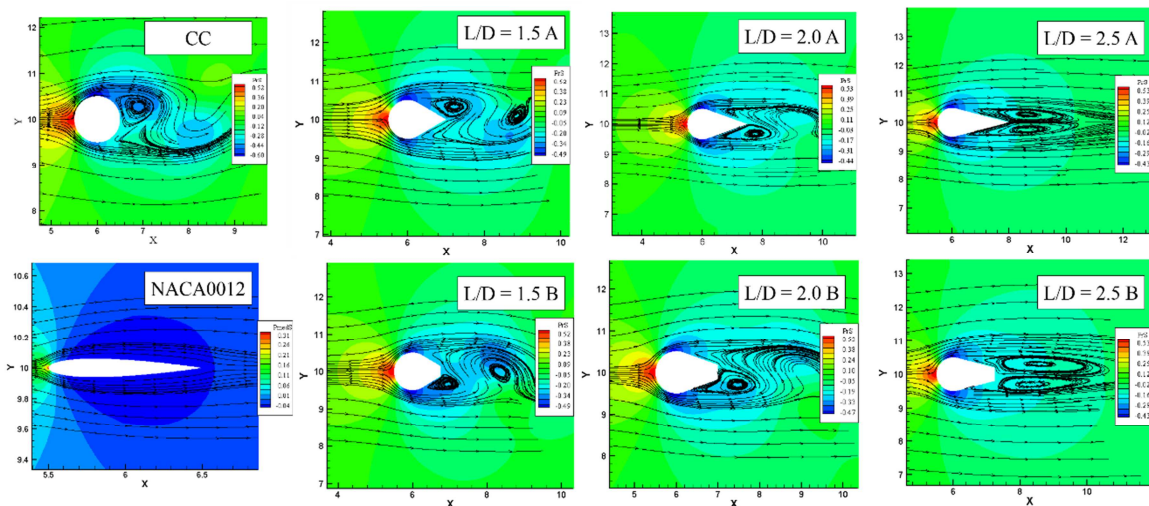


Figura 2: Distribuição de pressões e linhas de corrente para CC, NACA0012 e *fairings* com $Re=100$

Percebe-se que ambos dispositivos, completo e cortado, apresentam redução no valor absoluto da pressão quando comparados com o CC, sendo a maior redução no caso da carenagem tipo "A". Observa-se também que para a relação $L/D = 2.5$, formou-se um par de vórtices estacionários nas carenagens tipo "A" e "B".

Na Tabela 1, apresentam-se os valores dos coeficientes de sustentação e de arrasto médio. Observa-se que ambos dispositivos reduzem a amplitude das oscilações e o coeficiente de arrasto, quando comparados com o cilindro circular, atenuando os efeitos das VIV. A carenagem tipo "A", mostra-se um pouco mais eficiente. De modo geral, conforme se aumenta a relação L/D ocorre uma redução nos coeficientes de sustentação e arrasto, sendo a carenagem L/D = 2.5 tipo "A" a mais eficiente. No caso do aerofólio NACA0012 o coeficiente de sustentação, C_L , é praticamente zero e o C_D é muito menor em comparação com os coeficientes do CC com as carenagens tipo "A" e "B".

Tabela 1: Coeficientes de sustentação e arrasto médio para $Re = 100$

	C_L	C_D
CC	$\pm 0,354$	1,425
1.5A	$\pm 0,225$	1,288
1.5B	$\pm 0,194$	1,014
2.0A	$\pm 0,074$	1,193
2.0B	$\pm 0,124$	1,229
2.5A	$\pm 0,0004$	1,101
2.5B	$\pm 0,002$	1,140
NACA0012	$\pm 0,0002$	0,416

Na Figura 3, mostram-se o campo de pressões e linhas de correntes para todos os exemplos estudados com $Re = 160$. Comparando-se os valores absolutos das pressões em cada um dos exemplos, observa-se que não existe variação significativamente. Para uma mesma relação L/D a carenagem tipo "A" apresenta menor variação na pressão do que a carenagem tipo "B".

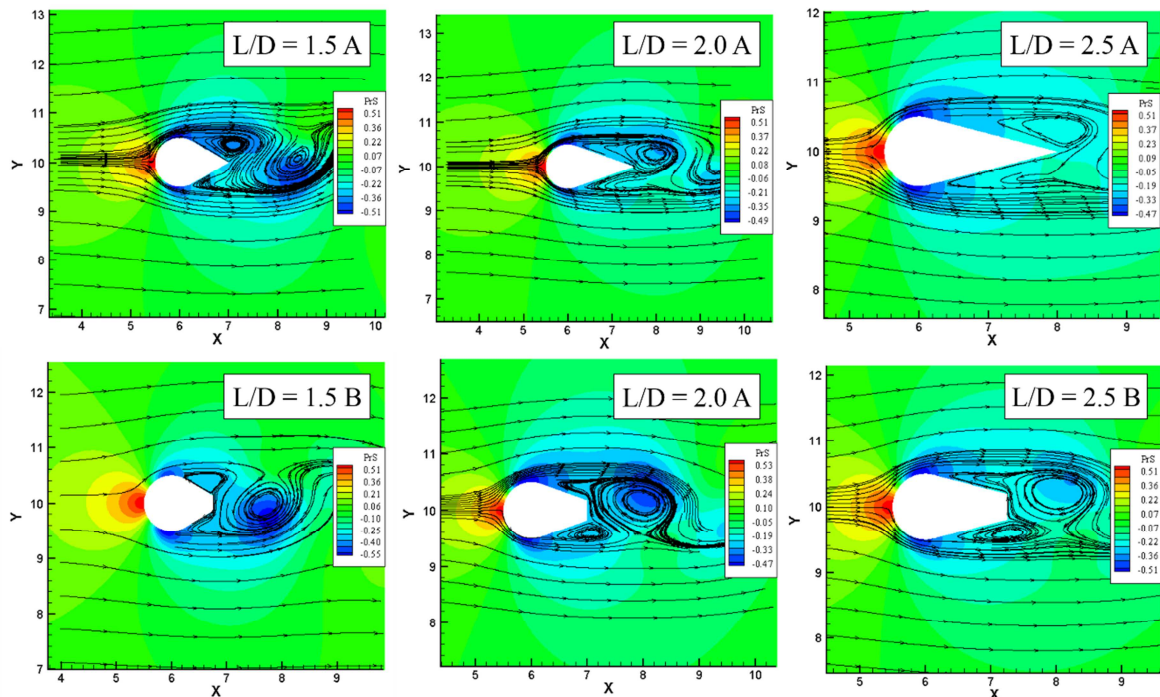


Figura 3: Distribuição de pressões e linhas de corrente para *fairings* com $Re = 160$

Na Tabela 2, apresentam-se os valores dos coeficientes de sustentação e de arrasto médio. Pode-se observar que para todos os exemplos, a amplitude no coeficiente de sustentação diminui conforme L/D aumenta, o que evidência a eficácia do dispositivo em reduzir a amplitude da VIV. Dentre os exemplos a carenagem L/D = 2.5 tipo "A", apresentou o menor CL, enquanto que a carenagem L/D = 1.5 tipo "B" teve o menor valor de CD.

Tabela 2: Coeficientes de sustentação e arrasto médio para $Re = 160$

	CL	CD
1.5A	$\pm 0,385$	1,212
1.5B	$\pm 0,363$	0,908
2.0A	$\pm 0,216$	1,117
2.0B	$\pm 0,245$	1,149
2.5A	$\pm 0,167$	1,090
2.5B	$\pm 0,178$	1,023

CONCLUSÕES

No presente trabalho, foi apresentado um estudo paramétrico do comportamento aerodinâmico dos dispositivos atenuadores de Vibrações Induzidas por Vórtices (VIV) em corpos rombudos de tipo *fairing* com carenagem completa (tipo "A") e cortada (tipo "B"). Analisaram-se como os coeficientes aerodinâmicos variam em função da geometria, da relação L/D e do número de Reynolds. Os dispositivos estudados mostram-se muito eficientes na redução da amplitude do coeficiente de sustentação (oscilações no sentido transversal do escoamento), comprovando a eficácia do dispositivo em ser um bom atenuador das VIV.

De modo geral, a carenagem tipo "A" mostrou-se mais eficiente que a do tipo "B". Considerando que o custo para produzir a carenagem tipo "B" seja menor do que a carenagem "A", o uso da carenagem "B" torna-se vantajoso, já que teríamos aproximadamente o mesmo desempenho aerodinâmico com menor custo.

Futuros trabalhos pretendem aprofundar o entendimento dos mecanismos de controle de escoamento em dispositivos tipo "A" e "B", para outras relações L/D e outros números de Reynolds, afim de verificar se seria viável utilizar a carenagem tipo "B" no lugar da carenagem tipo "A".

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/UFPE e ao CNPq pelo apoio financeiro recebido durante a realização deste trabalho. Ao Laboratório de Engenharia Computacional (LECOM) da Universidade Federal de Pernambuco, Campos Acadêmico do Agreste (UFPE-CAA).

REFERÊNCIAS

Bono, G., Lyra, P.R.M. e Bono, G.F.F. 2011. Simulação em escoamentos incompressíveis através do Método dos Elementos Finitos, *Anais Congresso Ibero-Americano em Engenharia Mecânica*: 721-733.

Cabral, D. N., Bono, G. & Bono, G. F. F. 2012. Estudo Paramétrico de Dispositivos de Controle Passivo de Vibrações Induzidas por Vórtices. *Mecânica Computacional* 31: 69-84.