

EXPERIMENTOS PARA ANÁLISE DOS CAMPOS DE VELOCIDADE E VORTICIDADE NO ESCOAMENTO AO REDOR DE MODELOS DE MANIFOLDS

Ricardo de Oliveira Dias

ricardo.arceburgo@gmail.com

Julio Romano Meneghini

jmeneg@usp.br

Resumo. O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de dois modelos simplificados de manifolds em escala reduzida a serem ensaiados no canal de água circulante do NDF (Núcleo de Dinâmica e Fluidos) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Os ensaios prevêem uma investigação sobre os campos de velocidade e vorticidade na esteira do escoamento ao redor destas estruturas, utilizando técnica de medição chamada Velocimetria por Imagens de Partículas - PIV (Particle Image Velocimetry). Os dois modelos de manifolds construídos foram ensaiados em diferentes posições no escoamento, sempre com uma de suas faces perpendicular à direção deste. Em todos os ensaios, a velocidade da corrente foi mantida em torno de 0,1 m/s, que corresponde, para os dois modelos, a um Re da ordem de 10.000. Os principais resultados obtidos dos ensaios foram: a identificação, para modelos deste tipo de geometria, de um significativo efeito de tridimensionalidade, que impede a formação de uma esteira com padrão definido e a determinação de um período de formação e desprendimento de vórtices; a base para elaboração de ensaios com modelos mais próximos da geometria real.

Palavras chave: manifolds, campo de velocidade, campo de vorticidade, Velocimetria por Imagens de Partículas – PIV.

1. Introdução

A indústria de exploração de petróleo no Brasil tem se desenvolvido muito nos últimos anos e vem adquirindo grande importância para o desenvolvimento sustentável do país. A Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.), líder nacional nesse ramo, tem focado seus projetos de extração e suas novas instalações nas maiores reservas nacionais, recentemente descobertas: as submersas em águas profundas. A exploração dessas reservas tem se mostrado bastante complexa e, além disso, com a recente descoberta das reservas petrolíferas na camada pré-sal, um enorme avanço de tecnologias brasileiras para esse setor encontra-se em andamento.

Nos sistemas de exploração de petróleo - em especial, nas instalações para extração em águas profundas - muitas estruturas, das mais variadas geometrias e funções, encontram-se submersas e expostas às correntes marítimas do fundo oceânico. São cabos de sustentação das plataformas, dutos de circulação de petróleo e gases extraídos do solo submarino – os chamados *risers*, árvores de natal molhadas, *manifolds*, etc, conforme a ilustração da Fig. (1).

Árvores de natal molhadas são sistemas compostos por válvulas que conectam os poços do solo submarino à unidade de produção na superfície do mar, e que permitem o fluxo de petróleo e gás dos poços para a superfície, assim como a injeção de líquido e gás da superfície para os poços. Os *manifolds* são estruturas submarinas que funcionam como concentradores de óleo e gás. O petróleo, assim como o gás natural e outras substâncias, é extraído de vários pontos de um poço e transportado previamente aos *manifolds*, e então destes é transportado para a plataforma de produção na superfície do mar, de forma a minimizar o número de *risers* que ligam a plataforma até o leito oceânico (a profundidade de poços explorados no Brasil pode chegar a mais de 2.000 metros, e o custo de instalação de apenas um *riser* pode chegar a 4 milhões de dólares).

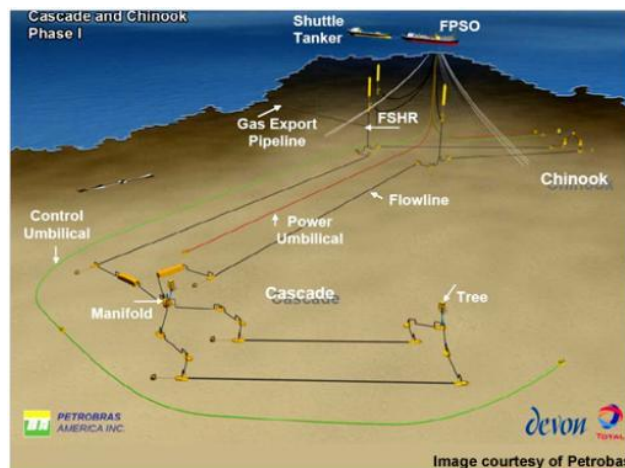


Figura 1. Detalhe das diversas estruturas submersas de um sistema de extração de petróleo (www.offshore-technology.com, 2010).

Esses equipamentos submersos estão sujeitos a todo e qualquer tipo de intempérie marítima e, portanto, estão constantemente sob ação de forças hidrodinâmicas que, nesse caso, são extremamente complexas e difíceis de ser analisadas, uma vez que as correntes marítimas ocorrem em direções, intensidades e instantes aleatórios. No caso dos *manifolds*, faz-se necessária uma investigação severa dos campos de velocidades e de vorticidades e do campo de pressões ao redor de suas estruturas, assim como uma estimativa das forças hidrodinâmicas que agem sobre sua superfície, sob as mais variadas condições de escoamento e de deslocamento das estruturas no meio fluido, a fim de minimizar os esforços sofridos, e de se obter parâmetros suficientes para sua construção, otimização de sua forma geométrica e definição de procedimentos corretos para sua instalação no fundo do mar.

2. Escoamento ao redor de corpos submersos

Em várias aplicações da engenharia, assim como na natureza, muitos corpos e estruturas - parados ou em movimento - encontram-se imersos em escoamentos fluidos. Prédios, torres e outras construções civis, ou cabos em redes de transmissão elétrica, sob ação do vento - escoamento do ar; pilares de pontes submersos, submarinos, ou cabos de ancoragem de navios, sob ação de correntes marítimas - escoamento da água; carros em movimento, aviões, enfim, muitas invenções da engenharia encontram-se constantemente sob esse tipo de situação.

Evidentemente, o escoamento ao redor de corpos rombudos é um problema presente na grande maioria das aplicações da engenharia mecânica e, portanto, sua compreensão e sua análise são de suma importância para um bom projeto. Um corpo “rombudo” - denominação técnica usada na mecânica dos fluidos - é aquele que, quando imerso em uma corrente de fluido, gera separação do escoamento e essa ocorre em uma porção considerável de sua superfície (MENECHINI, 2002).

A partir da interação fluídoelástica entre o fluido e a estrutura do corpo nele submerso, surge uma distribuição de pressão ao redor da superfície do corpo provocada pela variação, neste local, da velocidade relativa entre corpo e fluido (ÁSSI, 2005). O efeito desse campo de pressões é a resultante das forças fluidodinâmicas que atuam sobre o corpo. Mesmo que o corpo em questão esteja fixo dentro do escoamento fluido (como no caso de um prédio sob a ação do vento), essas forças influem e devem ser consideradas na análise dinâmica de sua estrutura.

A existência desse campo de pressões ao redor do corpo, variável ao longo do tempo, faz com que este esteja constantemente sob ação de forças fluidodinâmicas, também variáveis no tempo e, dependendo de sua mobilidade dentro do fluido, o corpo pode sofrer fenômenos de excitação chamados de VIE – Vibrações Induzidas pelo Escoamento. Quando há separação do escoamento ao redor da superfície do corpo, ocorrem a geração e o desprendimento de vórtices e, se ele possuir uma estrutura muito longa, como a de um cilindro, ele sofre excitações denominadas VIV – Vibração Induzida por Vórtices, um tipo específico de VIE (FRANZINI et al., 2006).

Seja no caso de “corpo em movimento - fluido em repouso” ou de “corpo parado - fluido escoando” (ou uma combinação dos dois casos), a ação dessas forças fluidodinâmicas, sobre qualquer estrutura construída, influi significativamente em sua dinâmica e podem comprometer fatalmente seu funcionamento se não forem previamente previstas e levadas em conta em seu projeto. Dessa forma, o estudo de escoamento ao redor de corpos rombudos, das forças fluidodinâmicas que atuam em suas estruturas, juntamente com a compreensão das causas e conseqüências de VIE e VIV, são fundamentais e contribuem muito para o desenvolvimento de novas aplicações práticas da engenharia.

3. Objetivos

O objetivo deste projeto é medir o campo de velocidades e o campo de vorticidades na esteira do escoamento ao redor de dois modelos simplificados de *manifolds* em escala reduzida, usando técnica de medição chamada Velocimetria por Imagens de Partículas - PIV (*Particle Image Velocimetry*).

A medição desses campos de velocidade e vorticidade, com baixas incertezas, visa à obtenção de detalhes do escoamento ao redor dessas estruturas pouco encontrados na literatura, assim como subsídios para otimização da geometria e da forma dos *manifolds*, e para definição de procedimentos de instalação adequados para essas estruturas. Em última instância, os dados obtidos podem servir também como forma de validação de simulações numéricas feitas em CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

4. Manifolds

Os *manifolds* são estruturas submarinas, integrantes do conjunto de equipamentos para a extração de petróleo, que podem ser de vários tipos e possuir várias funções [12]. Diferentes tipos desse equipamento são listados a seguir:

- *FLOWLINE GATHERING MANIFOLD* – consiste de uma estrutura submarina que recebe tubos vindos de árvores-de-natal molhadas e os distribui para *risers* de produção conectados às plataformas na superfície do oceano;
- *TEMPLATE MANIFOLD* - Estrutura tubular metálica, apoiada no fundo do oceano, que possui válvulas e acessórios que permitem sua conexão a árvores-de-natal molhadas, poços de extração, outros *manifolds*, *risers* e demais tubulações;
- *MSG/MSGB* - *Manifolds* submarinos de gás de alta/baixa pressão (MSG – alta; MSGB – baixa) utilizados na Bacia de Campos, formados por um conjunto de válvulas e conexões submarinas para fluxo de gás entre leito e superfície oceânicos;

Em geral, uma estrutura denominada *manifold* é constituída por um conjunto de tubulações e válvulas, com a função de receber, armazenar e enviar óleo e gases durante o complexo processo de extração de petróleo. A Fig. (2) mostra um desenho técnico da perspectiva isométrica de um *manifold* típico, e a Fig. (3) mostra a foto de um *manifold* sendo lançado para o fundo do mar. Suas dimensões são geralmente por volta de 20 m de comprimento, 10 m de largura e 5 m de altura.

O processo de instalação de um *manifold* geralmente é feito como mostra a foto da Fig. (3). A estrutura é lançada para o fundo do mar apoiada em cabos que a liga até a plataforma, e é monitorada durante sua descida por sensores de posição hidroacústicos. Durante a descida, porém, um dos problemas mais críticos para a realização do processo está nas forças hidrodinâmicas que a estrutura sofre, devido interação entre seu movimento e a água do mar. Essas forças hidrodinâmicas podem ser críticas durante a operação e comprometer uma instalação bem sucedida e, portanto, precisam ser cuidadosamente estimadas com base em ensaios experimentais e numéricos a cerca de tal problema.

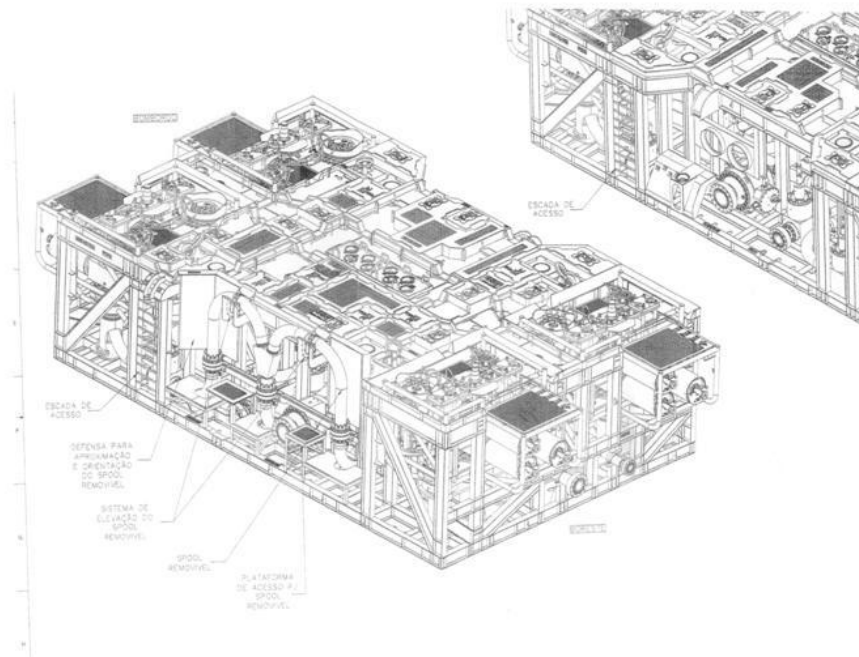


Figura 2. Desenho técnico de perspectiva isométrica de um *manifold* típico (fornecido pelo Projeto Petrobras / FMC Technologies: Manifold SSAO Marlin Station).

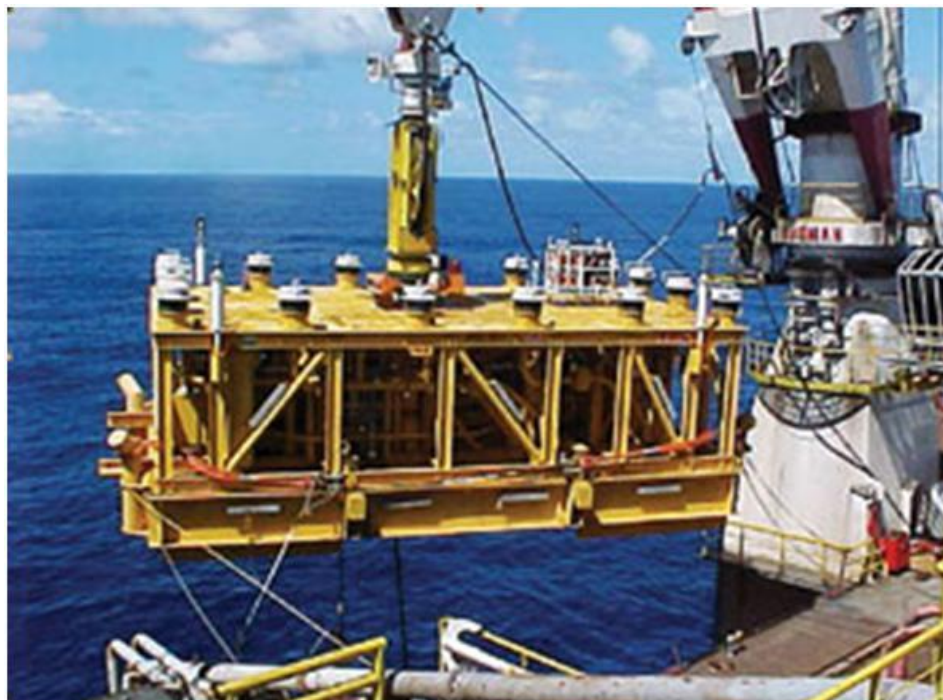


Figura 3. Foto de um *manifold* sendo lançado para o fundo do mar (www.offshore-technology.com, 2010).

A partir dessas características típicas levantadas para estrutura, geometria e função de um manifold, partiu-se à elaboração de modelos, em escala reduzida, para representar tal equipamento em ensaios no canal de água de testes, simulando condições de escoamento encontradas na sua instalação e na sua plena operação (já fixos no fundo do mar).

4.1.1 Modelo 1

O modelo 1 desenvolvido, cuja foto está apresentada na Fig. (4), possui forma de um paralelepípedo, com dimensões externas de 196 x 106 x 55 mm, escala que corresponde a aproximadamente 1:80 para os *manifolds*. Três furos passantes atravessam o centro das faces do modelo, passando pelo seu centro geométrico, feitos para a instalação de eixos de suporte e posicionamento do modelo no canal de testes.

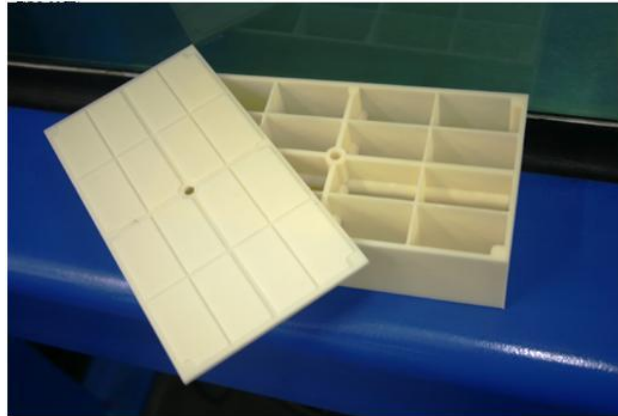


Figura 4. Foto do modelo 1.

O interior do paralelepípedo é constituído de cavidades ortogonais, a fim de proporcionar rigidez suficiente ao modelo sem que este possua massa em excesso e, ao mesmo tempo, oferecer a possibilidade de variar os momentos de inércia do corpo, pela adição de massas no interior de algumas dessas cavidades.

A geometria elaborada para o modelo 1 é consideravelmente simples, diante do que se vê na geometria de um *manifold* real. A justificativa para essa simplificação é de que o modelo, visto que possui a forma de um paralelepípedo, pode ter seus parâmetros - como coeficiente de arrasto, matriz de inércia adicional, etc. - encontrados na literatura, ou estimados analiticamente, e dessa maneira ele pode ser usado para avaliar a precisão e a sensibilidade dos equipamentos de medição utilizados, como o PIV e células de carga de 6 graus de liberdade, projetadas por outros pesquisadores do Núcleo.

4.1.2. Modelo 2

Buscando uma forma geométrica mais próxima daquela de um *manifold* típico, mas sem comprometer a praticidade do modelo de ser ensaiado, e tendo em vista também as observações e conclusões feitas a respeito da geometria do modelo 1, foi construído o modelo 2, vide Fig. (5).



Figura 5. Foto do modelo 2.

O modelo 2 tem o formato externo próximo ao de um cubo, de 10 cm de aresta, e é formado por “tubos” retorcidos entre si, de maneira a se aproximar do formato das tubulações em um *manifold* real, e de uma “grade” retangular em duas de suas faces, para simular a base da estrutura real, que fica sobre o leito oceânico. Além disso, três furos passantes atravessam os centros das faces do modelo, feitos para a instalação de eixos de suporte e posicionamento deste no canal, da mesma maneira que do modelo 1.

O modelo foi desenhado em software de CAD e posteriormente gerado na máquina de prototipagem rápida. Como sua geometria possui muitos vãos internos, entre os tubos retorcidos, e entre a ligação das duas grades e tais tubos, foi necessário no modelo um banho de soda cáustica, por um tempo de aproximadamente 15h, para a remoção do material de molde que persistiu nesses locais. Esse tempo de 15h não foi contínuo: o modelo foi retirado do banho para não passar uma noite na solução, e colocado na solução no dia seguinte, a fim de não se perder o controle de quanto tempo levaria para a remoção completa do material de molde, já que o equipamento e o produto para o banho estavam sendo usados pela primeira vez. Acredita-se, pela experiência já adquirida com este e outros banhos em modelos, que se não tivesse ocorrido essa interrupção – em que o modelo teve de ser lavado e mantido seco fora da solução – o tempo necessário de banho seria de aproximadamente 10h.

5. Velocimetria por Imagens de Partículas - PIV

Velocimetria por Imagens de Partículas - PIV (*Particle Image Velocimetry*) é uma técnica óptica que avalia o campo de velocidades por meio da iluminação de um plano do escoamento com feixes de laser. Seu princípio de funcionamento consiste na adição de partículas em suspensão ao escoamento, capazes de refletir a luz do laser (GRANT, 1997).

O sistema possui dois canhões de laser que iluminam um plano do escoamento que se deseja investigar, com feixes pulsantes de laser, e duas câmeras filmadoras, posicionadas ortogonalmente ao plano iluminado, que registram a posição das partículas em dois instantes consecutivos, separados por um intervalo de tempo muito pequeno.

Segundo Prasad (2000), as duas fotografias obtidas são comparadas pelo software que comanda o sistema: em cada pixel do plano iluminado e filmado, o programa analisa a posição das partículas na primeira fotografia, e compara com a posição das mesmas partículas percebida na segunda fotografia. Sabendo o intervalo de tempo em que ocorreu tal deslocamento das partículas – intervalo de tempo entre as duas fotografias –, obtém-se um conjunto de vetores velocidade para as partículas captadas e, conseqüentemente, um mapa do campo vetorial de velocidades no plano analisado.

O processo descrito acima é feito repetidamente, em alta frequência, de maneira que o sistema de PIV consegue obter o campo de velocidades do plano iluminado ao longo do tempo (um “filme” do campo de velocidades daquele plano), ou seja, uma medição euleriana da velocidade do escoamento (KORKISCHKO, 2006).

O Laboratório de Dinâmica dos Fluidos Experimental e Anemometria Laser do NDF possui sistema Laser-PIV da empresa TSI, o qual utiliza o software DaVis para processamento das imagens capturadas.

6. Ensaios no canal de testes

Nesta seção estão descritos os ensaios realizados com os dois modelos construídos, após ter sido feita a calibração do sistema PIV e a construção dos suportes para fixação dos modelos no canal de testes.

6.1. Ensaios com o modelo 1

O intuito dos ensaios realizados com o modelo 1, como previsto, foi o mapeamento do campo de velocidades na esteira do escoamento ao redor de sua estrutura. A Fig. (6) mostra a configuração de uma das três posições de ensaio, evidenciando o sentido da corrente de água (flecha vermelha) e o plano horizontal observado pelo sistema PIV (em verde claro). Observa-se também o ferrão de suporte, preso à célula de carga, para medição de forças hidrodinâmicas no modelo por outros pesquisadores do grupo.

O modelo 1 foi ensaiado em três posições diferentes: em cada uma delas, uma de suas três faces ortogonais foram posicionadas ortogonalmente à direção da corrente incidente. Em todas as três configurações, a região observada pelo sistema PIV foi um plano (de aproximadamente 210 x 160 mm) situado à jusante do escoamento, a cerca de 30 mm de distância horizontal do modelo, e em uma altura coincidente com aquela do seu centro geométrico (à “meia altura” do modelo, como mostra a Fig. (6)). Em todas essas três situações, a velocidade da corrente do canal foi mantida em aproximadamente 0,1 m/s, que corresponde a um número de Reynolds da ordem de 10.000 (o valor varia de acordo com a posição do modelo – dimensão característica). As lentes das câmeras do sistema PIV, utilizadas para todos os ensaios, foram lentes 50 mm, e a frequência de captura das imagens foi de 15 Hz.

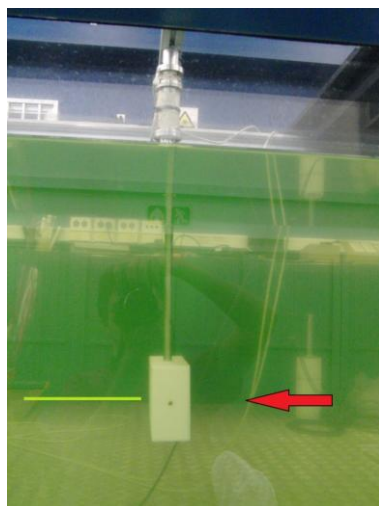


Figura 6. Ensaio do modelo 1 em uma de suas três posições diferentes.

6.2. Ensaaios com o modelo 2

De maneira semelhante aos ensaios com o modelo 1, o modelo 2 também foi experimentado, com a diferença de que sua estrutura foi posicionada em apenas duas configurações diferentes, vide Fig. (7), com a justificativa de que sua geometria externa se assemelha bastante à de um cubo, e a posição que não foi ensaiada (posição da direita na Fig. (7)) seguramente geraria resultados muito próximos aos de uma das outras duas (posição do meio). Na Fig. (8) consta uma foto do modelo 2 devidamente fixado no canal para a realização dos ensaios descritos, na “1ª posição” conforme Fig.(7).

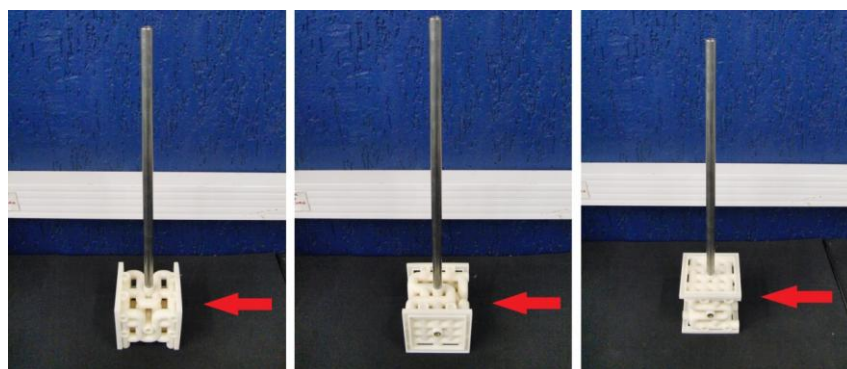


Figura 7. Posições de ensaio com o modelo 2: à esquerda, 1ª posição ensaiada; no meio, 2ª posição ensaiada; à direita, posição não ensaiada, por ser muito semelhante à 2ª posição.

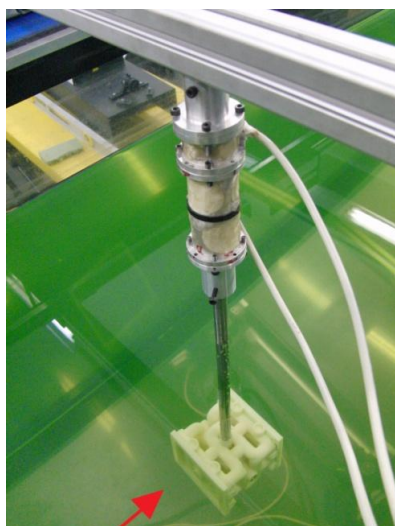


Figura 8. Modelo 2 na 1ª posição ensaiada.

7. Apresentação e análise dos resultados

Nesta seção são apresentados os dados obtidos das medições feitas nos ensaios dos dois modelos.

7.1. Resultados com o modelo 1

Nos ensaios descritos, feitos com o modelo 1, foi obtido o campo instantâneo de velocidades na esteira do escoamento ao redor do modelo, obtendo-se um total de 345 campos de vetores velocidade discretizados em um intervalo de tempo de aproximadamente 23 s. A Fig. (9) mostra um desses 345 campos vetoriais (especificamente, o 160º campo gerado) no ensaio com o modelo na posição da Fig. (6).

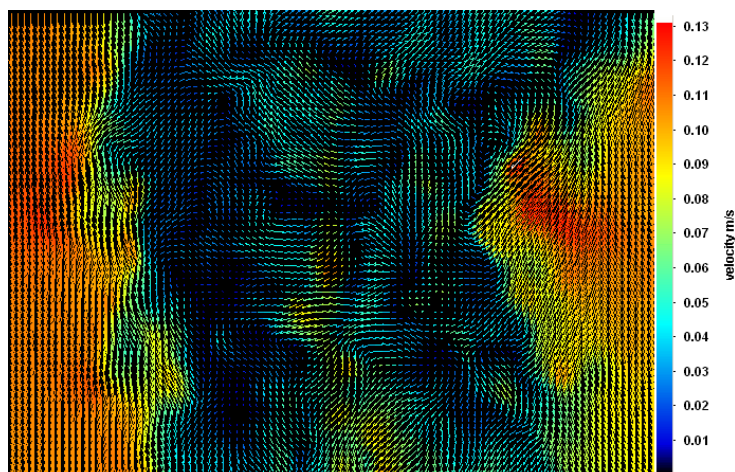


Figura 9. Campo instantâneo de velocidades para o modelo 1 na posição da Fig. (6).

A observação que pôde ser feita é que os resultados dos três casos (três diferentes posições de ensaio) foram muito próximos: fato coerente, visto que o modelo trata-se de um paralelepípedo, de dimensões todas da mesma ordem, próximas (196 x 106 x 55 mm) e, portanto, a esteira do escoamento ao redor do modelo ocorre da mesma maneira, não importando qual face do modelo está ortogonal à corrente incidente. Outra observação possível é que a esteira se apresenta bastante perturbada, com formação de vórtices bastante irregular, sendo difícil estabelecer um período ou mesmo um padrão para tal fenômeno.

Na Fig. (10) é apresentado um mapa da componente V_z da velocidade instantânea no plano analisado (também do 160º campo gerado), para o modelo na 1ª posição (Fig. (6)), visto que a Fig. (9) mostra os vetores velocidade apenas em 2D (mostra a componente da velocidade no plano x-y), e sua escala de cores representa o módulo desses vetores 2D.

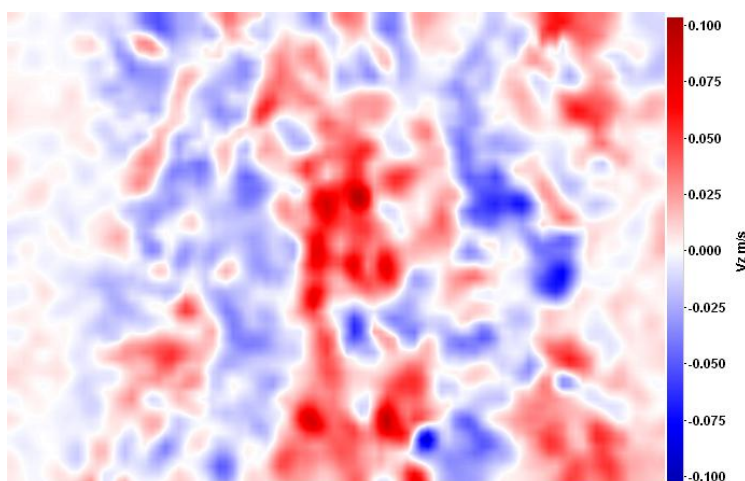


Figura 10. Mapa da componente V_z do campo instantâneo de velocidades para o modelo na 1ª posição ensaiada (Fig. (6)).

Pode-se analisar novamente o forte efeito da tridimensionalidade do modelo, uma vez que os vetores velocidade no plano analisado apresentam componentes na direção z (vertical) tanto positivas como negativas, espalhadas na esteira sem um padrão bem definido.

Com os campos instantâneos de velocidades obtidos, pôde ser calculado também o campo instantâneo de vorticidades, para as três situações. A Fig. (11) mostra o 160º campo instantâneo de vorticidade gerado para o modelo na 1ª posição (Fig. (6)), em que a escala de cores representa a intensidade do vetor vorticidade (Rot_z), e também o sentido – tons em laranja são vetores saindo do plano e tons em azul são vetores entrando no plano. Foi possível observar novamente, com os campos de vorticidade, a semelhança entre as esteiras geradas nas três posições ensaiadas.

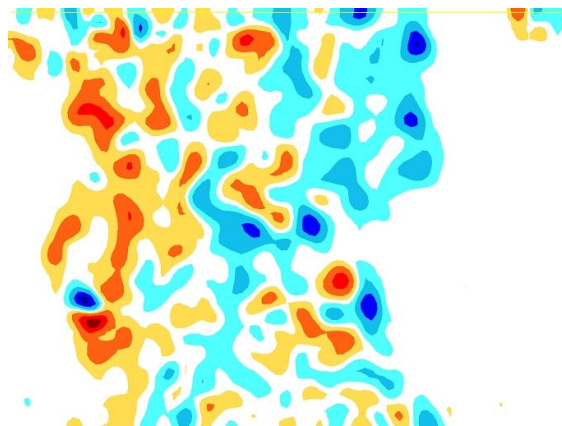


Figura 11. Campo instantâneo de vorticidades para o modelo 1 na posição da Fig. (6).

7.2. Resultados com o modelo 2

De maneira análoga aos dados obtidos para o modelo 1, já explicitados, foram também obtidos os campos instantâneos de velocidades para as duas posições diferentes ensaiadas do modelo 2. A Fig. (12) mostra o 50º campo instantâneo (dos 345 campos discretizados em 23 s) para o modelo 2 na 1ª posição ensaiada.

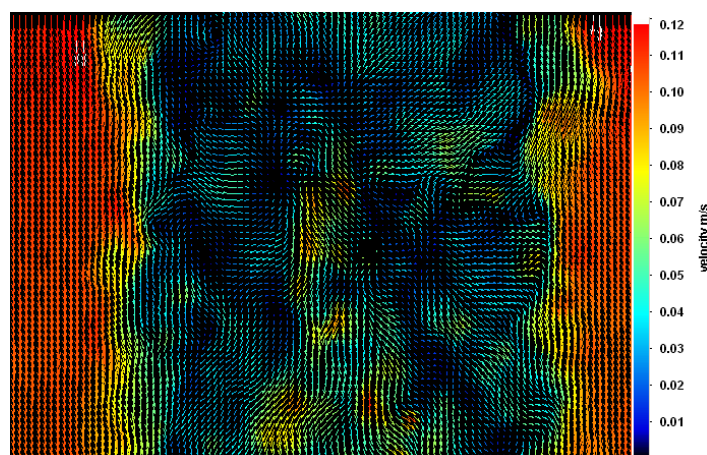


Figura 12. Campo instantâneo de velocidades para o modelo 2 na 1ª posição ensaiada.

Analisando os 345 campos gerados, para as duas posições diferentes, e também o vídeo desses campos durante os 23 s, percebe-se que, apesar da 1ª posição ensaiada diferir da 2ª (vide geometria do modelo 2 já apresentada) a esteira formada no escoamento ao redor do modelo é semelhante para os dois casos, mas não tão semelhante como no caso do modelo 1. Isso pode ser mostrado pelos campos médios de velocidades das duas situações, calculados a partir dos campos instantâneos, que estão evidenciados nas Fig. (13) e (14), respectivamente para a 1ª e 2ª posição de ensaio do modelo 2.

É possível notar uma pequena diferença entre os dois campos médios de velocidades, na região de recirculação, apesar de a geometria externa do modelo 2 se aproximar bastante à de um cubo. Essa diferença certamente é resultado da “grade” na estrutura do modelo que, na 1ª posição, se encontra ortogonal à direção do escoamento e, na 2ª, paralela ao mesmo.

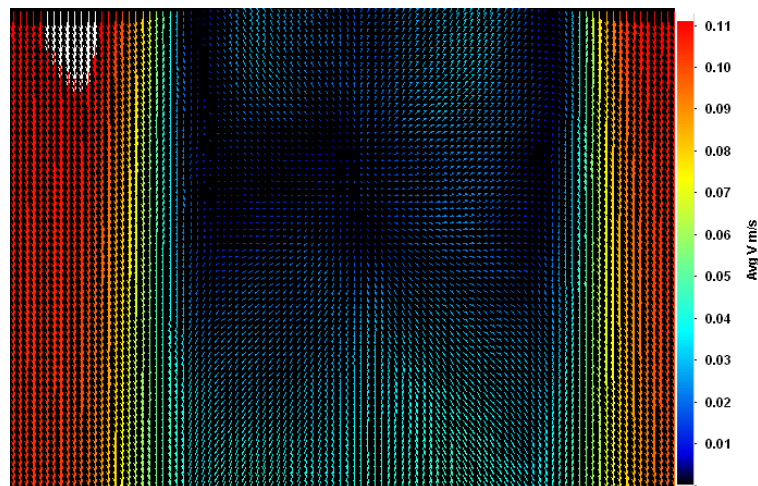


Figura 13. Campo médio de velocidades para o modelo 2 na 1ª posição ensaiada.

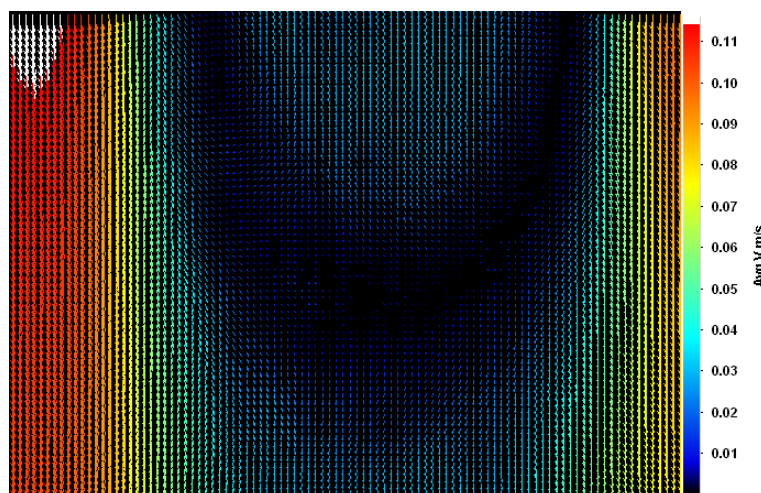


Figura 14. Campo médio de velocidades para o modelo 2 na 2ª posição ensaiada.

8. Conclusões

O tema no qual se encontra inserido este projeto, de estudar a dinâmica de equipamentos de exploração de petróleo, proporcionou a aproximação com um assunto de muita importância na atualidade, devido às recentes descobertas de novos tipos de reservas do produto no Brasil, as chamadas “camada do pré-sal”, chamando a atenção para a quantidade atual de investimento em pesquisa e tecnologia a serem aplicadas neste ramo nos próximos anos.

Quanto aos resultados alcançados, o objetivo inicial do projeto, de mapear o campo de velocidades e de vorticidades do escoamento ao redor dos modelos elaborados, pôde ser alcançado com êxito. De todas as medições de campos de velocidades efetuadas, já descritas nas seções anteriores, e também de todos os dados adicionais que puderam ser calculados a partir deles, como campo de velocidade média na esteira, componente vertical da velocidade, vorticidade, etc., o principal fato a ser observado é o significativo efeito de tridimensionalidade, tanto para o modelo 1 como para o modelo 2. A esteira formada no escoamento ao redor dos dois modelos não possui um padrão de forma bem definida, sendo difícil estabelecer um período para formação e desprendimento de vórtices, devido ao fato de suas geometrias possuírem cantos vivos, que geram vorticidades tridimensionais de difícil análise quantitativa e mesmo qualitativa.

Por fim, os ensaios realizados serviram de base para elaboração e construção de modelos de *manifolds* com geometrias mais complexas, que representam com mais precisão a estrutura real, e o planejamento de ensaios com diferentes condições de escoamento e variáveis de interesse, dando continuidade ao estudo do tema.

9. Referências

- ÁSSI, G.R.S. (2005); Estudo experimental do efeito de interferência no escoamento ao redor de cilindros alinhados; Tese de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- FRANZINI, G.R.; FUJARRA, A.L.C.; MENECHINI, J.R.; KORKISCHKO, I.; FRANCISS, R. (2009); Experimental investigation of Vortex-Induced Vibration on rigid, smooth and inclined cylinders; Journal of Fluids and Structures; 25, 742-750.

GRANT, I. (1997); Particle Image Velocimetry, A Review; Proc Instn Mech Engrs Vol 211 Part C.
KORKISCHKO, I. (2006); Investigação experimental e simulação numérica do escoamento ao redor de um modelo automobilístico: corpo de Ahmed; Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
MENEHINI, J. R. (2002); Projetos de pesquisa no tópico de geração e desprendimento de vórtices no escoamento ao redor de cilindros; Resenha de livre docência apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PRASAD, A. K. - Stereoscopic Particle Image Velocimetry; Experiments in Fluids, 29, 103-116 (2000), Springer-Verlag 2000.
SARPKAYA, T.; ISAACSON, M.; Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures; 1981, Van Nostrand Reinhold Company.
www.offshore-technology.com, 2010.

EXPERIMENTS TO ANALYZE THE VELOCITY AND VORTICITY FIELDS IN THE FLOW AROUND MODELS OF MANIFOLDS

Ricardo de Oliveira Dias

ricardo.arceburgo@gmail.com

Julio Romano Meneghini

jmeneg@usp.br

Abstract. This project aims to develop two simplified small-scale models of manifolds to be tested in the circulating water channel of the NDF laboratory (Núcleo de Dinâmica e Fluidos), situated at Polytechnic School of the University of São Paulo (EPUSP). The experiments provide an investigation of the velocity and the vorticity fields in the wake of the flow around these structures, using measurement technique Particle Image Velocimetry – PIV. The two models of manifolds constructed were tested in different positions in the flow, always with one of their faces perpendicular to this. In all testes, the flow velocity was maintained at around 0.1 m/s, which corresponds to a Re of about 10.000, for the two models. The main results of the tests were: the identification of a significant effect of tridimensionality for models with this type of geometry, which prevents the formation of a wake with defined standard and the determination of a period of vortex shedding; the basis for development of tests with models of which geometry is closer to reality.

Key words: manifolds, velocity field, vorticity field, Particle Image Velocimetry – PIV.